

SÉRGIO NERES DA VEIGA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM SEPARADOR DE SÓLIDOS DE
DEJETOS ANIMAIS, DESTINADO À PEQUENA PROPRIEDADE RURAL**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

Orientador: PROF. FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI, Dr. Eng.



UFSC-BU

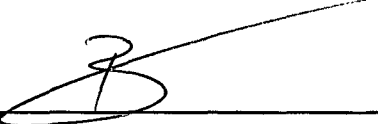


FLORIANÓPOLIS, 1999

SÉRGIO NERES DA VEIGA

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM SEPARADOR DE SÓLIDOS DE
DEJETOS ANIMAIS, DESTINADO À PEQUENA PROPRIEDADE RURAL

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE”, ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, E APROVADA EM SUA
FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph. D.

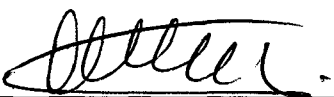
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



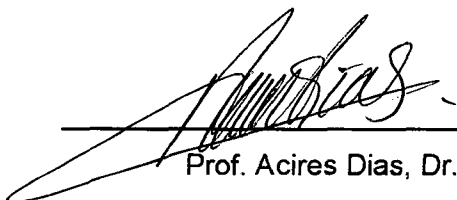
Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.

Orientador



Prof. Augusto Weiss, Dr. Eng.

CCA/UFSC



Prof. Acires Dias, Dr. Eng.

EMC/UFSC

Dedico este trabalho à minha esposa e minha filha

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia de Produção pela
oportunidade concedida.

Ao Prof. Fernando A. Forcellini pela orientação e apoio dado
durante as diferentes etapas deste trabalho.

Ao Prof. Nelson Back por oferecer uma bolsa de mestrado da CAPES,
sem a qual não seria possível concluir o trabalho.

Aos colegas do NeDIP pelo companheirismo e trabalho de equipe, tomando
possível romper as dificuldades, principalmente na área mecânica.

Ao Eng. Carlos Cláudio Perdomo e equipe do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e
Aves (CNPQA/EMBRAPA) por viabilizarem os testes de campo do protótipo
e pela força e ajuda de custo durante as diferentes etapas da dissertação.

Especial à minha esposa pela força e amor dedicado para
superar as dificuldades encontradas.

Enfim, muito obrigado a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
 CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 SITUAÇÃO ATUAL DA SUINOCULTURA.....	1
1.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA SUINOCULTURA INTENSIVA.....	5
1.3 APROVEITAMENTO DOS DEJETOS SUÍNOS.....	8
1.4 PROPOSTA DE PESQUISA.....	13
 CAPÍTULO II	
TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE DEJETOS ANIMAIS.....	15
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 TRATAMENTO DE DEJETOS.....	16
2.2.1 Tratamento físico.....	17
2.2.1.1 Separação das fases.....	17
2.2.1.2 Desidratação.....	44
2.2.2 Tratamento biológico.....	44
2.2.2.1 Compostagem.....	45
2.2.2.2 Lagoas de estabilização.....	45
2.2.2.3 Esterqueiras convencionais.....	46
2.2.2.4 Bioesterqueiras.....	47
2.2.2.5 Biodigestores.....	48
2.2.2.6 Ensilagem.....	49
2.3 TENDÊNCIAS FUTURAS.....	50
2.4 CONCLUSÃO.....	51

CAPÍTULO III

ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO – DEFINIÇÃO DE REQUISITOS.....	54
3.1 INTRODUÇÃO.....	54
3.2 PERFIS DOS CLIENTES E MERCADO POTENCIAL.....	55
3.2.1 Suinocultores.....	55
3.2.2 Prefeituras.....	56
3.2.3 Agroindústrias e cooperativas.....	56
3.2.4 Instituições de pesquisa.....	57
3.2.5 Empresas de abastecimento de água.....	57
3.2.6 Comunidade.....	57
3.2.7 Clientes intermediários.....	57
3.2.8 Clientes internos.....	57
3.3 PARÂMETROS DE PROJETO.....	58
3.3.1 Parâmetros físicos do dejetos.....	58
3.3.2 Parâmetros do equipamento.....	60
3.3.3 Parâmetros econômicos do projeto.....	62
3.4 NECESSIDADES DOS CLIENTES.....	65
3.4.1 Forma de obtenção das necessidades.....	65
3.4.2 Identificação das necessidades dos clientes.....	66
3.4.3 Comparação entre necessidades – valoração das necessidades.....	68
3.5 REQUISITOS DE QUALIDADE – CASA DA QUALIDADE.....	72
3.6 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO.....	76
3.7 CONCLUSÃO.....	82

CAPÍTULO IV

PROJETO CONCEITUAL.....	84
4.1 INTRODUÇÃO.....	84
4.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DO PRODUTO.....	85
4.2.1 Função técnica total.....	85
4.2.2 Estrutura de funções alternativas.....	85
4.3 SELEÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL MAIS ADEQUADA.....	90
4.4 GERAÇÃO DE CONCEPÇÕES – MATRIZ MORFOLÓGICA.....	92
4.5 GERAÇÃO DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS.....	95
4.6 SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO MAIS ADEQUADA.....	98
4.7 CONCLUSÃO.....	103

CAPÍTULO V

PROJETO PRELIMINAR/DETALHADO.....	105
5.1 INTRODUÇÃO.....	105
5.2 DESCRIÇÃO DO MODELO EM ESCALA REAL.....	105
5.2.1 Subconjunto entrada do equipamento.....	106
5.2.2 Subconjunto condutor de material.....	107
5.2.3 Subconjunto peneiras.....	108
5.2.4 Subconjunto desidratador.....	110
5.2.5 Subconjunto saída de sólidos e líquidos.....	111
5.2.6 Estrutura do equipamento.....	112
5.2.7 Fonte de potência e sistema de transmissão.....	112
5.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	116
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122

CAPÍTULO VI

TESTES DO MODELO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	123
6.1 INTRODUÇÃO.....	123
6.2 TESTES DE LABORATÓRIO.....	124
6.2.1 Teste com serragem fina diluída em água.....	124
6.2.2 Teste com ração de suínos diluída em água e fermentada (4 dias).....	126
6.3 TESTES DE CAMPO.....	128
6.3.1 Testes com diferentes vazões de entrada.....	130
6.3.2 Testes dos parâmetros mecânicos.....	132
6.3.3 Testes dos parâmetros agrônômicos	137
6.3.4 Testes em diferentes propriedades suinícolas.....	139
6.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CRÍTICOS.....	142
6.5 CONCLUSÃO.....	144

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE MODIFICAÇÕES.....	146
7.1 INTRODUÇÃO.....	146
7.2 CONCLUSÕES SOBRE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PROJETO.....	146
7.3 CONCLUSÕES FINAIS.....	148
7.4 SUGESTÕES DE MODIFICAÇÕES	150
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	160

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	166
GLOSSÁRIO.....	167
ANEXO A – QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES.....	A-1
ANEXO B – UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO DE PRODUTOS NO PROJETO CONCEITUAL PARA SELEÇÃO DE ESTRUTURA FUNCIONAL MAIS ADEQUADA.....	B-1
ANEXO C – UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO DE PRODUTOS NO PROJETO CONCEITUAL PARA SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO MAIS ADEQUADA.....	C-1
ANEXO D – DESENHOS E DIMENSÕES DOS DIFERENTES DISPOSITIVOS E COMPONENTES DO MODELO DO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS.....	D-1
ANEXO E – RESULTADO DE ANÁLISES DE LABORATÓRIO, REFERENTES AOS TESTES DE CAMPO DO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS.....	E-1
ANEXO F – CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE PEÇAS.....	F-1
ANEXO G – DESENHOS DAS SUGESTÕES DE MODIFICAÇÕES DOS DIFERENTES DISPOSITIVOS DO MODELO DO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS.....	G-1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Número de suinocultores da Região Oeste Catarinense.....	4
Figura 2.1 – Proposta de classificação dos tratamentos de dejetos.....	16
Figura 2.2 – Exemplo de um decantador de palheta para dejetos de suínos.....	18
Figura 2.3 – Estrutura de função de um decantador.....	20
Figura 2.4 – Esquema de funcionamento de uma peneira estática inclinada.....	20
Figura 2.5 – Estrutura de função de uma peneira estática inclinada.....	21
Figura 2.6 – Esquema de funcionamento de uma peneira vibratória.....	21
Figura 2.7 – Diagrama de uma peneira rotativa.....	22
Figura 2.8 – Cilindro suspenso rotativo.....	23
Figura 2.9 – Estrutura de função de uma peneira vibratória, peneira rotativa e cilindro suspenso rotativo.....	24
Figura 2.10 – Esquema de funcionamento da peneira rotativa com roletes, marca FB.....	25
Figura 2.11 – Esquema de funcionamento da peneira côncava de dois estágios com roletes, marca BKW.....	26
Figura 2.12 – Esquema de funcionamento de uma tela com roletes.....	27
Figura 2.13 – Estrutura de função de uma peneira rotativa com roletes, peneira côncava de dois estágios e tela com roletes.....	28
Figura 2.14 – Esquema de funcionamento da prensa de peneira com fuso FAN.....	29
Figura 2.15 – Estrutura de função de uma prensa de peneira com fuso.....	30
Figura 2.16 – Esquema de funcionamento do sistema Pompéia (peneira vibratória em conjunto com prensa de peneira com fuso).....	31
Figura 2.17 – Esquema de funcionamento da prensa com pistão anular de dupla ação.....	32
Figura 2.18 – Estrutura de função de uma prensa com pistão anular de dupla ação.....	34
Figura 2.19 – Filtro a vácuo rotativo: a) bomba de vácuo externa; b) bomba de vácuo central.....	34
Figura 2.20 – Estrutura de função de um filtro a vácuo rotativo.....	36
Figura 2.21 – Esquema de funcionamento da centrífuga horizontal com fuso interno (<i>decanter</i>).....	37
Figura 2.22 – Centrífuga vertical à disco: a) para baixa concentração de sólidos; b) para alta concentração de sólidos.....	38
Figura 2.23 – Estrutura de função de uma centrífuga <i>decanter</i> e centrífuga à disco.....	39
Figura 2.24 – Esquema de funcionamento de uma centrífuga horizontal de peneira	

cônica.....	39
Figura 2.25 – Estrutura de função de uma centrífuga horizontal de peneira cônica.....	40
Figura 2.26 – Esquema de funcionamento de uma centrífuga vertical com peneira cônica rotativa.....	41
Figura 2.27 – Estrutura de função de uma centrífuga vertical com peneira cônica rotativa.....	42
Figura 2.28 – Esquema de funcionamento de um hidrociclone.....	42
Figura 2.29 – Estrutura de função da centrífuga hidrociclone.....	43
Figura 2.30 – Esterqueira convencional revestida com manta plástica.....	47
Figura 2.31 – Esquema de uma bioesterqueira.....	48
Figura 2.32 – Desenho esquemático mostrando o funcionamento de um biodigestor.....	49
Figura 3.1 – Relação entre abertura de peneiras e a eficiência de remoção de sólidos..	59
Figura 3.2 – Relação entre densidade e sólidos totais no dejetos suíno.....	59
Figura 3.3 – Relação entre viscosidade e sólidos totais no dejetos suíno.....	60
Figura 3.4 – Valoração das necessidades – necessidades x clientes.....	69
Figura 3.5 – Valoração das necessidades – Diagrama de Mudge 1.....	70
Figura 3.6 – Valoração das necessidades – Diagrama de Mudge 2.....	71
Figura 3.7 – Esquema explicativo da Casa da Qualidade.....	74
Figura 3.8 – Casa da Qualidade 1 – Diagrama de Mudge 1.....	76
Figura 3.9 – Casa da Qualidade 2 – Diagrama de Mudge 2.....	77
Figura 4.1 – Função técnica total.....	85
Figura 4.2 – Estruturas de funções parciais alternativas.....	86
Figura 4.3 – Estrutura de função elementar alternativa I.....	87
Figura 4.4 – Estrutura de função elementar alternativa II.....	88
Figura 4.5 – Estrutura de função elementar alternativa III.....	89
Figura 4.6 – Estrutura de função elementar alternativa IV.....	89
Figura 4.7 – Estrutura de função elementar alternativa V.....	90
Figura 4.8 – Concepção dos dispositivos condutores de material e separadores de fases do dejetos.....	102
Figura 4.9 – Corte lateral da concepção do separador de sólidos de dejetos.....	102
Figura 4.10 – Estrutura externa da concepção do separador de sólidos de dejetos.....	103
Figura 5.1 – Esquema de disposição dos componentes de um conjunto de raspadores.....	107
Figura 5.2 – Disposição dos diferentes componentes da estrutura da peneira.....	109
Figura 5.3 – Esquema da disposição dos diferentes componentes dos roletes.....	110
Figura 5.4 – Desenho das partes do sistema de transmissão.....	114

Figura 5.5 – Desenho da vista traseira do modelo, destacando as partes do sistema de transmissão.....	115
Figura 5.6 – Representação gráfica em perspectiva do modelo.....	116
Figura 5.7 – Representação gráfica lateral do modelo.....	117
Figura 5.8 – Vista superior da estrutura das peneiras e da estrutura do modelo.....	118
Figura 5.9 – Estrutura montada do modelo.....	119
Figura 5.10 – Peneiras e chapas de entrada do modelo.....	119
Figura 5.11 – Dispositivos condutor e desidratador montados.....	120
Figura 5.12 – Vista mostrando a fonte de potência e redução de velocidade.....	121
Figura 5.13 – Modelo montado.....	122
Figura 6.1 – Vista da instalação do modelo, no CNPSA/EMBRAPA.....	129
Figura 6.2 – Vista da saída de líquido separado (1); sendo despejado em lagoa anaeróbia (2).....	129
Figura 6.3 – Vista superior do modelo em funcionamento, destacando bom escoamento do líquido na primeira peneira (1).....	131
Figura 6.4 – Aderência de sólidos nos roletes (1) e raspadores (2) do modelo.....	131
Figura 6.5 – Vista superior do modelo destacando disposição das chapas perfuradas com furos de 0,6 mm de diâmetro.....	133
Figura 6.6 – Vista lateral do modelo destacando a produção de dejetos sólidos (1).....	134
Figura 6.7 – Ilustração do procedimento para testes do modelo na granja Fazenda Rosada.....	140
Figura 7.1 – Esquema do elemento filtrante perfilado em aço inoxidável.....	152
Figura 7.2 – Ilustração das partes componentes do separador modificado (protótipo definitivo).....	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Os 5 maiores rebanhos suínos mundiais e produção mundial de carne da mesma natureza (1990 e 1993), em 1000 toneladas (equivalente carcaça), destacando a posição de cada país.....	1
Tabela 1.2 – Realidade da suinocultura catarinense.....	3
Tabela 1.3 – Estabelecimentos rurais em Santa Catarina.....	3
Tabela 1.4 – População de suínos em 1994, por região catarinense.....	4
Tabela 1.5 – Produção média diária de dejetos suínos.....	6
Tabela 2.1 – Desempenho de um cilindro suspenso rotativo com dejetos diluídos de bovino de leite (0,05 ` 1,2 % de sólidos totais).....	23
Tabela 2.2 – Comparação entre os diferentes tipos de separadores de dejetos animais	43
Tabela 3.1 – Retorno financeiro do dejetos sólido separado.....	64
Tabela 3.2 – Comparação entre as três diferentes valorações das necessidades.....	73
Tabela 3.3 – Especificações de projeto.....	78
Tabela 4.1 – Matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da estrutura funcional.....	90
Tabela 4.2 – Matriz morfológica para o separador de dejetos animais.....	96
Tabela 4.3 – Concepções alternativas para o separador.....	97
Tabela 4.4 – Matriz de decisão das alternativas de concepção.....	98
Tabela 4.5 – estimativa de custo do ciclo de vida das alternativas de concepção.....	100
Tabela 6.1 – Resultados de pesagem do material e desempenho do modelo nos testes com ração fermentada.....	127
Tabela 6.2 – Resultados das análises das amostras (média de 2 repetições) do teste de vazão.....	132
Tabela 6.3 – Resultado de análise dos testes dos parâmetros mecânicos.....	136
Tabela 6.4 – Resultados de análises referentes aos testes com dejetos de diferentes características.....	139
Tabela 6.5 – Resultado de análise com dejetos de diferentes granjas.....	142
Tabela 7.1 – Comparação entre valores metas e valores reais dos requisitos de projeto.....	149
Tabela 7.2 – Levantamento de preços de materiais para construção modelo, consideradas as modificações sugeridas	158
Tabela 7.3 – Custo de fabricação e montagem do modelo, considerando as modificações sugeridas.....	159

ABREVIATURAS

ACARESC	- Associação Catarinense de Assistência Técnica e Extensão Rural
ACCS	- Associação Catarinense de Criadores de Suínos
AMAUC	- Associação dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense
ASAE	- American Society of Agricultural Engineering
CNPSA	- Centro Nacional de Pesquisas de Suínos e Aves
CTC	- Capacidade de Troca de Cátions
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
ECR _n	- Pesos Relativos referentes às Especificações de Custos
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICEPA	- Instituto de Pesquisa Agropecuária da Secretaria Estadual da Agricultura
ICMS	- Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDC _i	- Índice de Desempenho de Custos
IDT _j	- Índice de Desempenho Técnico
K ₂ O	- Óxido de Potássio
MS	- Matéria Seca
NeDIP	- Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto
NPK	- N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio
pH	- Potencial de Hidrogênio
PR _{RCm}	- Pesos Relativos dos Requisitos de Custos
PR _{RPm}	- Pesos Relativos dos Requisitos de Produto
PR _{RTm}	- Pesos Relativos dos Requisitos Técnicos
P ₂ O ₅	- Pentóxido de Fósforo
QFD	- Quality Function Development
ST	- Sólidos Totais
VC	- Valores dos Consumidores

RESUMO

A suinocultura está presente em 46,5 % das propriedades agrícolas existentes no Brasil e, no estado de Santa Catarina, é a principal fonte de renda para mais de 25 mil produtores. Mas o manejo e armazenamento inadequado dos dejetos, produzidos nesta atividade, leva à poluição de mananciais hídricos. Cerca de 85 % das fontes de água, no Oeste Catarinense, estão contaminadas com coliformes fecais. Uma das melhores formas de aproveitamento destes dejetos, evitando a contaminação ambiental, é a separação das fases sólida e líquida, sendo que a parte sólida pode ser utilizada para alimentação de outros animais ou como adubo orgânico e a parte líquida pode ser mais facilmente tratada.

Este trabalho consiste do projeto e desenvolvimento de um equipamento de baixo custo, boa eficiência de separação e que proporcione sólido separado com baixo teor de líquido. A metodologia adotada para este projeto de pesquisa segue a normalmente abordada para o desenvolvimento de produtos industriais, tendo como base a metodologia proposta por Pahl & Beitz. As principais ferramentas utilizadas foram o Diagrama de Mudge (valoração das necessidades dos consumidores); a Casa da Qualidade (determinação e valoração dos requisitos de projeto); a Função Síntese (elaboração de características funcionais - estruturas de funções); a Matriz Morfológica (elaboração de concepções alternativas do equipamento) e a Metodologia de Estimativas de Custos do Produto na Fase de Projeto Conceitual (avaliação das estruturas funcionais e das concepções alternativas).

Nesta dissertação é descrita a construção (projeto preliminar e detalhado) de um protótipo em laboratório, baseando-se na concepção que melhor atendeu os requisitos técnicos e de custos. Também são descritos os testes do protótipo, em laboratório e à campo, e a avaliação de resultados. Por fim são feitas conclusões de resultados de desempenho, onde atingiu-se os principais objetivos propostos para o trabalho, e sugestões de melhoria no equipamento, para que este atenda plenamente as necessidades dos consumidores.

ABSTRACT

The swine production is present in 46,5 % of the Brazilian farms and, in the State of Santa Catarina, is the main source of income for more than 25,000 farmers. But the incorrect handling and storage of the residues (manure), produced in this activity, carry to the pollution of hydric resources. Around of 85 % of the superficial water, on the west of Santa Catarina, are contaminated. One of the better ways to utilise this residues, avoiding the contamination of the ambient, is the solid-liquid separation. The solid part can be used like feed to others animals and like organic fertiliser, and the liquid part can be handled at simple way.

This monograph is a project and development of a equipment with low cost of acquisition, good efficiency of separation and that provide separated solid with low liquid rate. In this project is adopted the methodology proposed by Pahl & Beitz, normally adopted to the development of industrial products, and used the follows tools for support decision: Mudge Diagram (consumer necessities valuation); QFD – Quality Function Development (determination and valuation of project requisites); Synthesis Function (Functional characteristics); Morphological Matrix (alternatives concepts of equipment); evaluations based in cost analysis.

In this work is described the building of the equipment at laboratory, starting by the conception that received the best evaluation in technical and cost requisites. Here also are described the operational tests of the equipment, at garage and in the swine farms. At the end are made conclusions about the performance of the separator, in which was observed that the main objectives for works was satisfied, and made suggestions of improvement in the equipment to satisfy the consumer.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 SITUAÇÃO ATUAL DA SUINOCULTURA

Neste trabalho é apenas tratado a situação da suinocultura, pois a exploração de outros animais, como bovinocultura e avicultura não estão causando maiores problemas de contaminação ambiental em Santa Catarina.

Segundo Instituto CEPA/SC (Órgão da Secretaria Estadual da Agricultura voltado para pesquisa agropecuária) [01], em 1993, o rebanho mundial de suínos somava 738.465 mil cabeças, com dados preliminares de produção de 66.135 mil toneladas de carne. Neste mesmo ano o Brasil contava com um rebanho suíno de 31,05 milhões de cabeças (4,2 % do total mundial) e possuía a 12ª posição na produção de carne (1,84 % da produção mundial), caracterizando a baixa produtividade do rebanho nacional, o que pode ser observado na tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Os 5 maiores rebanhos suínos mundiais e produção mundial de carne da mesma natureza (1990 e 1993), em 1000 toneladas (equivalente carcaça), destacando a posição de cada país

País	Rebanho suíno (mil cabeças)			Produção de carne		
	1990	1993	Posição ⁽¹⁾	1990	1993 ⁽²⁾	Posição ⁽³⁾
Mundo	730.534	738.465	-	62.004	66.135	-
China	352.810	384.211	1º	22.808	28.544	1º
EUA	53.821	58.202	2º	6.965	7.751	2º
Rússia	40.000	31.500	3º	3.480	2.432	3º
Brasil	33.200	31.050	4º	1.000	1.215	12º
Alemanha	34.178	26.514	5º	3.949	3.180	4º

(1) - Posição de cada país em relação ao total de rebanho suíno;

(2) - Dados preliminares;

(3) - Posição de cada país em relação à produção de carne suína.

Fonte: Instituto CEPA/SC [01].

A Revista Suinocultura Industrial [02] constatou, para o ano de 1996, um aumento de 8,5 % na produção da carne suína brasileira, comparado com o ano anterior. Considerando que o rebanho suíno teve apenas um pequeno acréscimo de 4,7 % neste período, totalizando 35,6 milhões de cabeças, constata-se que o aumento da produção de carne suína foi devido, também, ao aumento da produtividade do rebanho.

O autor Souza [03] destacou que cerca de 70 % de toda carne suína produzida no país é originária de criações que utilizam o sistema de integração, entre suinocultores e agroindústrias, num total de 1,5 milhão de toneladas (42 mil toneladas são exportadas).

A suinocultura brasileira é uma atividade predominante de pequenas propriedades rurais. Cerca de 81,7 % dos suínos são criados em propriedades de até 100 hectares (ha). Essa atividade encontra-se presente em 46,5 % das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constituindo numa importante fonte de renda e de estabilidade social [04].

A suinocultura nacional emprega, direta e indiretamente, cerca de 2,5 milhões de pessoas somente na Região Sul, São Paulo e Minas Gerais [04]. A importância da suinocultura também está no fato de que ela produz, em um espaço de tempo curto e em uma área reduzida, grandes quantidades de proteínas de excelente qualidade.

A Revista Suinocultura Industrial [02], mostrou as estimativas para o ano de 1996, onde o estado de Santa Catarina se destaca como o 3º maior produtor nacional, em termos de tamanho do rebanho suíno, perdendo apenas para o Rio Grande do Sul (4,1 milhões de cabeças) e Paraná (3,9 milhões de cabeças), sendo estimado em 3,8 milhões de cabeças.

Em Santa Catarina, a suinocultura se constitui numa atividade de grande importância, tanto economicamente como socialmente. Em 1995, o estado contava com uma produção de 31 % do total da carne suína nacional (1,45 milhão de toneladas) [01].

A suinocultura catarinense envolve diretamente a mão-de-obra de 150 mil pessoas, somente na fase de produção, mantém diretamente 500 mil catarinenses (aqui já envolvendo também a industrialização e comercialização) e gera uma das maiores parcelas do ICMS estadual [05]. A produção de suínos contribui com 35 milhões de reais/ano em ICMS e, somando-se os valores agregados com a industrialização da carne, ultrapassa-se a cifra de 100 milhões de reais/ano [06].

Segundo o Instituto CEPA/SC [07], Santa Catarina exportou, em 1994, 41,8 milhões de reais em carne suína. Em 1995 foram 55 milhões e em 1996 atingiu a cifra de 67 milhões de reais.

Nos últimos 10 anos, o número de suinocultores decresceu, mas a produção cresceu, em média, 5 % ao ano e a participação de suinocultores integrados à agroindústrias, em relação ao número total, passou de 50 %, em 1985, para mais de 80 % em 1994, conforme se observa na tabela 1.2.

A realidade da suinocultura catarinense pode ser estendida ao Sudoeste Paranaense e ao Noroeste do Rio Grande do Sul, que, devido à colonização, relevo e

clima similares, apresentam as mesmas características fundiárias, prevalecendo o domínio da pequena propriedade (tabela 1.3) e as atividades, incluindo a suinocultura, são desenvolvidas por mão-de-obra familiar.

Tabela 1.2 – Realidade da suinocultura catarinense

Ano	Suínos abatidos	Número de criadores	Número de integrados
1985	3.966.100	45.000	22.106
1994(*)	5.681.100	28.000	18.000

(*) – 17 mil agricultores deixaram de produzir.

Fonte: Instituto CEPA/SC [08].

Tabela 1.3 – Estabelecimentos rurais em Santa Catarina

Área da propriedade (ha)	Número de propriedades	Soma das áreas (ha)
• 1 à 9	91.883	448.983
• 10 à 19	63.950	888.168
• 20 à 49	56.245	1.673.455
• 50 à 199	18.238	1.551.982
• 200 ou mais	4.535	2.856.950
• Sem declaração	122	
Total	234.973	7.419.543

Fonte: Instituto CEPA/SC [07].

A suinocultura era, no início da década de 90, a principal fonte de renda para 35 mil suinocultores catarinenses, e cada um mantinha, em média, 85 animais na propriedade [05]. Destes, 80 % situavam-se em pequenas propriedades na região Oeste Catarinense [09].

A EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina) [10] constatou que é na região Oeste Catarinense onde tem-se a maior concentração de suínos por área do país. É nesta região onde também está localizado o maior complexo agroindustrial brasileiro deste setor. A tabela 1.4 separa a população de suínos por região, destacando a concentração de suínos no Oeste Catarinense.

Apesar do aumento do rebanho suíno catarinense nos últimos anos (vide tabela 1.2), no Oeste deste estado apenas restaram cerca de 20 mil suinocultores, no ano de 1995 (conforme ilustrado na figura 1.1), com tendência de diminuição ainda maior. Conclui-se que o aumento do rebanho suíno estadual ocorreu ao nível interno da propriedade.

O aumento da competitividade (redução das margens de lucro) e da tecnologia de produção, a diminuição de linhas de crédito e assistência técnica e aumento das taxas de juros, redução na área de cultivo de milho e soja (matérias-primas essenciais

para fabricação da ração fornecida aos suínos), dentre outros, contribuíram e ainda estão contribuindo para a exclusão de muitos suinocultores da atividade.

Tabela 1.4 – População de suínos em 1994, por região catarinense

Região	Número de suínos
Estado	4.088.621
Norte catarinense	248.899
Região serrana	156.724
Vale do Itajaí	326.688
Grande Florianópolis.	72.358
Sul catarinense	508.513
Oeste catarinense:	2.775.439
• Região São Miguel d'Oeste	446.075
• Região Chapecó	579.511
• Região Xanxerê	341.836
• Região Joaçaba	628.140
• Região Concórdia	779.877

Fonte: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) [11].

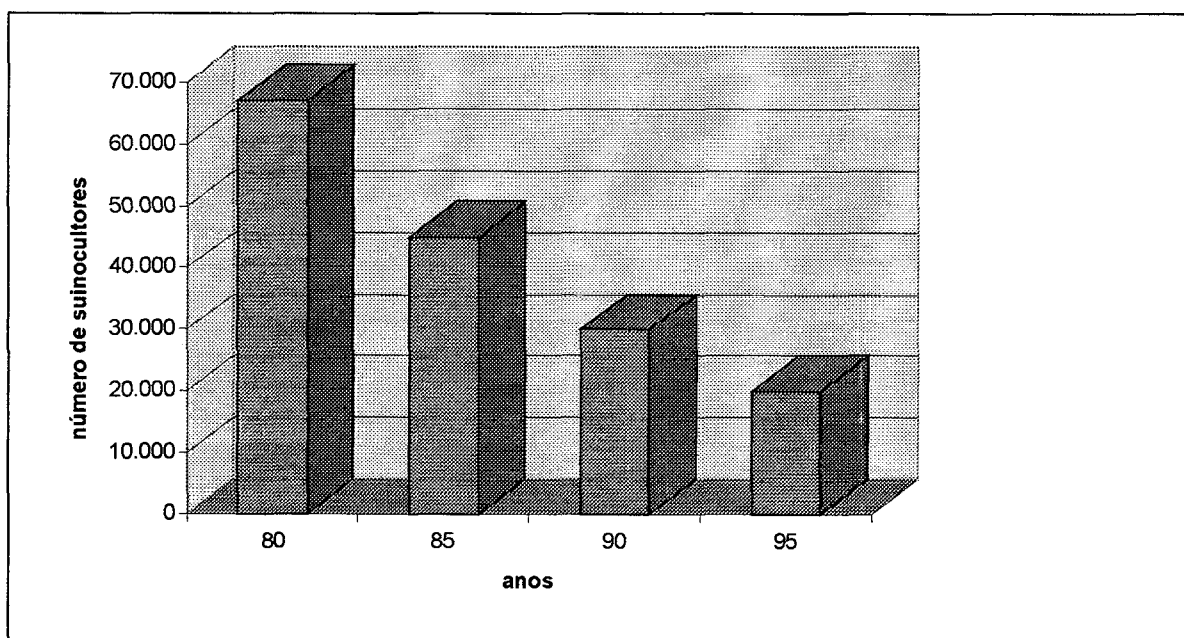


Figura 1.1 – Número de suinocultores da Região Oeste Catarinense [12].

As estratégias agroindustriais de organização da produção agropecuária (integração, por exemplo) também contribuíram para a exclusão de um grande número de suinocultores de suas atividades. Estes últimos não tinham condições financeiras para adaptar suas instalações e manejo dos animais às exigências das agroindústrias.

A seguir tem-se algumas características, listadas por Testa et al [12], que ainda predominam no Oeste Catarinense, caracterizando a situação da agricultura local:

- predomínio da mão-de-obra familiar na maioria das propriedades;
- baixo nível de escolaridade dos agricultores;
- predomínio da tração animal como fonte de potência na propriedade;
- propriedades pequenas, com relevo fortemente inclinado, terreno pedregoso e raso, e pouca área disponível para exploração de culturas anuais;
- baixo poder aquisitivo dos produtores;
- baixo nível tecnológico utilizado nas explorações agropecuárias e
- propriedades situadas distante de grandes centros comerciais.

Aqui ainda vale salientar que a região Oeste Catarinense ocupa uma área de 25.300 km², cuja extensão vai desde o Planalto Catarinense até divisa com o país da Argentina, e abrange uma população de aproximadamente 1,1 milhão de habitantes [12].

1.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA SUINOCULTURA INTENSIVA

Devido a sua lucratividade inicial, a suinocultura catarinense atraiu grandes investimentos. Muito se tem trabalhado no sentido de melhorar a genética, manejo, instalações e mão-de-obra objetivando maior produtividade.

Pouco se tem feito, entretanto, para reduzir o impacto dessa atividade sobre o meio ambiente que a abriga. Por desconhecimento de técnicas apropriadas, a suinocultura, além de desperdiçar recursos aproveitáveis provenientes dos dejetos de suínos, tem agredido a natureza, destruindo a fauna e a flora de nossos mananciais [13].

O desenvolvimento da suinocultura intensiva, em sistemas de confinamento, trouxe a produção de grandes quantidades de dejetos em pequenas áreas que, frequentemente, devido a inadequação de sistemas de manejo e armazenamento, transformou-se numa das principais fontes poluidoras dos mananciais de água da região Oeste de Santa Catarina. Segundo Oliveira [04], cerca de 85 % das fontes de água do meio rural, na região produtora, estão contaminadas com coliformes fecais.

O dejetos suíno, se aplicado sobre o solo (utilizando-o como adubação orgânica para as plantas) em grandes quantidades e concentrações, pode contaminar o lençol freático, por infiltração, ou as águas superficiais, pela erosão superficial [04].

A poluição das águas se deve fundamentalmente aos dejetos suínos e humanos. As aves de corte (destinadas ao abate) são criados em galpões cobertos com cama e seu dejetos não representa um problema ambiental. Da mesma maneira, a criação de bovinos é efetuada, em sua grande maioria, em sistemas extensivos ou semi-

extensivos, o que não causa maiores problemas de poluição e contaminação do ambiente envolvido [14].

Em Santa Catarina produz-se mais de 10 milhões de metros cúbicos de dejetos suínos/ano [15] (um suíno produz, em média, 8,60 litros de dejetos líquido/dia, conforme tabela 1.5), que pode ser ilustrado imaginando-se uma vala cheia de dejetos, com 20 metros de largura, um metro de profundidade e aproximadamente 700 km de comprimento.

Tabela 1.5 – Produção média diária de dejetos suínos

Categoria	Fezes (kg/dia)	fezes + urina (kg/dia)	Dejeto (litros/dia)
Suíno 25-100 kg	2,30	4,90	7,00
Fêmea gestante	3,60	11,00	16,00
Fêmea em lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Macho (cachaço)	3,00	6,00	9,00
Suíno jovem na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Fernandes & Oliveira [16].

Os dejetos suínos produzidos no estado catarinense são 4 vezes superiores a quantidade total de dejetos humanos, considerando toda a população estadual, e são até 260 vezes superiores em termos de poder poluente (medido em DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio) [05].

O potencial poluidor do dejetos é muito grande e, quando lançado na água, provoca a morte de peixes e outros seres vivos pela redução do teor de oxigênio dissolvido. O dejetos também é responsável pela contaminação da água com amônia, nitratos, outros elementos tóxicos e pela disseminação de patógenos, como os vírus. Estes patógenos podem sobreviver por vários meses, transmitindo doenças para o ser humano através do contato direto ou pelo consumo de água contaminada.

Muitos mananciais hídricos contaminados com dejetos suínos são utilizados como fonte de captação de água, para abastecimento da população de dezenas de cidades. A utilização destas águas para consumo aumentam o número de infecções por parasitas e doenças (como salmonelose, leptospirose, febre aftosa e hepatite) no estado e no país, afetando um número considerável da população, e implicando em muitos gastos pelo governo no combate à estes problemas. O autor Tagliari [17] cita que, em trabalho feito pela extensão rural da ACARESC (Associação Catarinense de Assistência Técnica e Extensão Rural, atualmente extinta) em Santa Catarina, foram realizados 10.836 exames em pessoas da área rural, 78,8 % estavam contaminados com coliformes fecais. Outro

exame com 11.188 amostras, envolvendo adultos e crianças, também da área rural do mesmo estado, foi constatado infecção por parasita em 58,71 %.

O desequilíbrio causado pela presença de dejetos nos cursos de água e a consequente morte dos peixes aumenta desordenadamente a população de mosquitos borrachudos, sendo estes causadores de irritações e doenças nos seres humanos. Este inseto se desenvolve em riachos e tem o peixe como seu predador natural [14]. No estado, 90 % da mortalidade dos peixes se deve aos dejetos suínos que chegam aos mananciais [18].

Além da contaminação hídrica, uma suinocultura na qual não existe manejo adequado dos dejetos, há a produção de mau cheiro e a presença de moscas - fato que gera frequentes queixas da vizinhança.

As moscas causam estresse nos animais, diminuem a produção de leite pelas matrizes e causam lesões nas tetas das mesmas, diminuindo o lucro do produtor. As moscas se proliferam no esterco úmido (o dejetos serve de substrato às larvas destas moscas) e circulam entre os animais, aves e pessoas, transportando agentes infecciosos causadores de meningite, feridas purulentas, diarreias, viroses, verminoses, cóleras e outros [05]. Elas provocam incômodo às pessoas que trabalham no manejo dos suínos e aos ambientes urbanos localizados nas proximidades, além de sujar as paredes, vidros e lâmpadas das instalações.

Com a crescente preocupação de todos na busca da melhor gestão dos recursos ambientais, a suinocultura industrial tem sido alvo de rigorosa fiscalização por parte das autoridades, que aplicam pesadas multas e chegam mesmo, em alguns casos, a exigir o encerramento da atividade. Conforme Stegemann [19], juizes e promotores estão lacrando as pocilgas, em dezenas de municípios catarinenses que enfrentam problemas de captação de água para uso doméstico, cujos dejetos são lançados em rios ou córregos.

Existem leis para a disposição de dejetos nos mananciais hídricos mas, devido provavelmente a falta da extensão, estas precauções não chegam ao suinocultor.

“De acordo com a Legislação Estadual, Decreto nº 4.250, de 05.06.81, artigo 19, para o lançamento de efluentes líquidos (incluindo aí o dejetos suíno) nos mananciais hídricos receptores, deve-se atender as seguintes condições: lançar o efluentes com DBO de, no máximo, 60 mg/litro (este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluentes de sistema de tratamento de águas residuárias, que reduza a carga poluidora em termos de DBO em, no mínimo, 80 %); não conferir ao corpo d'água receptor, características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade da água. No caso de lançamento em curso d'água, os cálculos de diluição deverão ser feitos para o caso de vazão máxima dos efluentes e vazão mínimas dos cursos d'água” [20].

De acordo com Testa [12], dos 20 mil suinocultores do Oeste Catarinense, aproximadamente 4 mil fazem o controle de uso e reciclagem dos dejetos. Outros 4 mil produzem pequena quantidade de dejetos de suíno ou usam manejo deste de forma sólida, não causando maiores problemas com poluição. Os 12 mil suinocultores restantes seriam os responsáveis pela poluição do ambiente, que utilizam o manejo do dejetos de forma líquida (contém grande quantidade de água, proveniente, principalmente, da limpeza das instalações).

Outro ponto que também contribui para a poluição é o desperdício de água na limpeza das instalações e nos bebedouros desregulados, e presença de água da chuva, que juntos aumentam o volume do dejetos. Isto se torna um grande problema, principalmente quando a capacidade de armazenamento de dejetos é subdimensionada onde pode ocorrer o transbordamento e a posterior contaminação de águas superficiais, fato este observado com certa frequência no estado catarinense [05]. O aumento da quantidade do dejetos produzido acarreta em maiores custos de estocagem, tratamento, transporte e distribuição na lavoura, e podem chegar a inviabilizar economicamente o uso agrônomo deste dejetos, aumentando o risco de contaminação ambiental [20].

1.3 APROVEITAMENTO DOS DEJETOS SUÍNOS

A suinocultura somente é viável quando ela é parte integrante do sistema produtivo na pequena propriedade, e não apenas um empreendimento isolado [14]. O produtor precisa integrar a suinocultura à outras atividades agrícolas, como horticultura, fruticultura e/ou plantas de lavoura. Como exemplo desta integração podemos citar a produção do milho, para a fabricação da ração dos suínos, e a utilização dos dejetos destes últimos para adubação das culturas (milho e outras), e assim obter-se uma diminuição dos custos de produção.

Reduzir o poder poluente do dejetos à níveis aceitáveis (40 mg de DBO, 15 % de sólidos voláteis e 1 % de taxa de coliformes fecais), para dispor em mananciais de água, exige investimentos elevados, que estão acima da capacidade da maioria dos suinocultores catarinenses, além de não garantirem o atendimento das exigências da Saúde Pública e da Preservação do Meio Ambiente [21]. Por isso é necessário investimento em usos alternativos para os dejetos suínos.

Segundo EPAGRI [10], a quantidade das fezes e urina produzidos numa criação varia de acordo com o peso corporal dos suínos, onde tem-se valores de 4,9 a 8,5

% de seu peso vivo/dia, considerando animais na faixas de 15 à 100 kg de peso vivo. Em média, um suíno produz 3,2 m³ de dejetos líquido/ano [15].

Conforme A.C.C.S. (Associação Catarinense de Criadores de Suínos) [06], a utilização do dejetos, como fertilizante, além de ser ecologicamente desejável (deixa de poluir os mananciais hídricos), traz retorno financeiro para a sociedade. Esta prática baixa os custos de produção e aumenta a produtividade das culturas e pastagens.

O dejetos suíno constitui-se num ótimo fertilizante e pode substituir em parte, em alguns casos totalmente, a adubação química das culturas. Muitos agricultores já usufruem deste benefício, mas a maioria ainda não, pois não tem sistema adequado de coleta e manejo dos dejetos na propriedade.

O estado de Santa Catarina tem uma produção anual de dejetos superior à 10 milhões de metros cúbicos, correspondendo à um conteúdo de 65 mil toneladas de N (nitrogênio), 13 mil toneladas de K (potássio) e 27 mil toneladas de P (fósforo). Isto proporciona um aumento de 500 mil toneladas/ano na produção de milho [05]. Somente 25 % disto, atualmente, é aproveitado como fertilizante e o restante acaba em mananciais de água [15]. O dejetos, além de N, P e K, também possui quantidades apreciáveis de cálcio, magnésio e micronutrientes, indispensáveis ao desenvolvimento das culturas.

Em Santa Catarina, a atividade suinícola está, em sua maioria, presente em pequenas e médias propriedades, onde existe escassez de terras agricultáveis. Desta forma o agricultor nem sempre tem disponibilidade de área para distribuir todo o dejetos suíno produzido, tornando-se necessário sistemas alternativos de manejo e aproveitamento do mesmo.

Uma das melhores maneiras de otimizar o aproveitamento dos dejetos suínos é efetuando-se a separação das fases (líquida e sólida). Assim a parte sólida separada mantém-se de forma agregada, facilitando o manejo e possuindo as características necessárias para evoluir para um composto. A fração líquida obtida apresenta-se mais fluída e menos concentrada (menos nutrientes). Com isso, o agricultor pode distribuir quantidades maiores na mesma área da lavoura, como suplemento ao adubo químico, o que vem a diminuir problemas de falta de áreas para dispor os dejetos.

A separação de sólidos dos dejetos não é uma tecnologia recente. Os autores Powers et al [22], em 1975 já mencionavam a separação de fases para tratamento de água e de esgotos municipais. Esta tecnologia gera produtos alternativos, melhorando as propriedades de manejo, processamento e armazenamento das frações sólidas e líquidas resultantes.

Após separada, a parte sólida do dejetos suíno gera, em um ano, cerca de 250 toneladas de matéria orgânica (para uma suinocultura de 100 matrizes, ou seja, em

torno de 1000 suínos confinados), equivalente a cerca de 70 toneladas de adubo na formulação NPK 12-6-12 (12 partes de N, 6 partes de P_2O_5 e 12 partes de K_2O em 100 partes do adubo)¹. A maior concentração de sólidos no dejetos diminui custos de sua aplicação na lavoura. A parte sólida pode ainda ser destinada para alimentação na criação de frangos, patos, marrecos, peixes ou no confinamento de gado de corte (produção de carne).

A utilização de dejetos sólidos como adubo proporciona menores perdas de nitrogênio por volatilização e/ou por lixiviação, pois parte deste faz parte dos compostos orgânicos (mais estáveis no solo) [23]. Além disso, o dejetos sólido tem ação de adubação mais prolongada, pois os compostos orgânicos são mineralizados lentamente. A matéria orgânica alimenta a atividade biológica do solo, aumenta a capacidade de retenção de umidade, a aeração, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a resistência à degradação da estrutura do solo, provocada pelo seu preparo intensivo e continuado.

A parte sólida do dejetos suíno está, cada vez mais, sendo difundida como complemento na alimentação de ruminantes (bovinos de corte) e peixes, devido ao seu alto valor nutritivo. O estado de Santa Catarina se caracteriza pela criação de bovinos em pastagens nativas. No inverno tem-se pouca disponibilidade e qualidade destas forragens. Neste aspecto, o dejetos sólido apresenta-se como uma alternativa de suplementação alimentar pois, além de ser um volumoso de boa aceitabilidade pelo bovino, pode conter na sua composição entre 12 e 18 % de proteína bruta [24]. Este alto valor protéico é devido à grande quantidade de ração desperdiçada na alimentação dos suínos, que junta-se com as fezes e urina dos animais na limpeza das instalações, e o baixo aproveitamento da ração pelo trato digestivo do animal. Vale aqui lembrar que o dejetos não pode fazer parte da alimentação do gado leiteiro pois deixa sabor na gordura do leite [24].

Muitos estudos ainda precisam ser feitos nesta área, principalmente avaliações das consequências que o dejetos suíno pode causar na saúde do bovino, e das pessoas que consomem a carne do segundo, à longo prazo. O autor Rocha [25] citou que “vários aspectos devem ser considerados antes da utilização de dejetos suínos na alimentação de bovinos: a vinculação de patógenos; a presença de drogas e resíduos minerais; a variação no teor de matéria seca e qualidade nutricional; o tipo de processamento destinado ao dejetos; a palatabilidade; os níveis de inclusão de dejetos à dieta; as possíveis interações entre alimentos e dejetos; o desempenho animal desejado; as qualidades organolépticas dos produtos (carne e leite), a eficiência econômica e o efeito psicológico sobre o consumidor”.

¹ Informação obtida junto à empresa Intech Equipamentos Ltda, Joinville/SC, 1995.

Além disso, o dejetos suíno contém pêlos, que, se ingeridos em grandes quantidades, acumulam no trato digestivo do bovino, podendo vir a obstruir as vias digestivas e levar o animal à morte.

Para a alimentação de peixes, o uso de dejetos suínos sólidos deve ser criteriosamente realizado, pois existe o risco de contaminação ambiental (proliferação de bactérias e consequente consumo de oxigênio dissolvido na água). Se for adicionado quantidade excessiva de dejetos nos tanques de peixes, esta água será contaminada e, ao ser liberada nos córregos e/ou rios, também contaminará os mesmos.

Há situações onde o produtor deseja fazer a desidratação do dejetos sólido para utilizá-lo, por exemplo, como combustível. Neste caso, o processo de separação das fases é indispensável para se obter um dejetos sólido com pouca umidade, economizando, assim, energia no processo de desidratação. Quanto mais úmido for o dejetos, mais energia é necessário para desidratá-lo.

A parte líquida separada ainda é muito rica em nutrientes (aproximadamente 2/3 do N, 1/3 do P e quase 100 % do K), e tem alto potencial como fertilizante, podendo contribuir em muito para o aumento da produtividade das lavouras. O nitrogênio, no líquido do dejetos, está sob a forma mineral, que é mais disponível para as plantas. Esta parte líquida pode ser utilizada em sistemas de irrigação por aspersão, para distribuí-la na lavoura sem maiores problemas de entupimento do sistema, pois a separação das fases remove partículas maiores presentes no dejetos.

A distribuição do dejetos através de sistema de irrigação por aspersão evita a compactação do solo [19] e aumenta eficiência de aplicação no campo. Além disso, viabiliza o acesso e aplicação em áreas pedregosas e de elevada declividade, o que é a realidade de Santa Catarina.

O dejetos líquido separado, após fermentado, pode ser utilizado para adubação de pastagens, sem danos às plantas (dejetos não-fermentado queima a parte aérea dos vegetais). Se o dejetos aplicado nas pastagens possuir mais de 5 % de matéria seca, pode matar as plantas por asfixia [26].

O líquido separado e tratado pode ser reutilizado nas instalações para limpeza do piso e remoção dos dejetos. Esta limpeza pode ser feita por meio de descargas de água no piso das pocilgas, carregando os dejetos e demais resíduos para as canaletas coletoras.

O manejo correto dos dejetos é uma das maneiras mais eficientes de controlar as moscas, evitando o seu desenvolvimento. A remoção do esterco 2 vezes por semana, destinando-o ao tratamento e/ou à lavoura, interrompe o ciclo deste inseto

impedindo a sua reprodução. A separação das fases ajuda a controlar as moscas, desde que a parte sólida seja tratada (compostagem ou ensilagem) ou utilizada em, no máximo, dois dias. Caso contrário o dejetos deve ser colocada em câmara de fermentação ou coberto com lona plástica [27].

A separação das fases retira também grande parte do odor forte e desagradável na parte sólida do dejetos [24], mas se o dejetos ficar armazenado por mais de 4 - 5 dias, o teor de odores volta a ser crítico.

O poder poluente do dejetos, em termos de carga orgânica e DBO, é diminuído com a retirada da fase sólida, possibilitando a redução no tamanho das unidades de tratamento da fase líquida (como esterqueiras e lagoas) e do tempo necessário para estabilização e purificação da água residual [28].

A seguir tem-se um resumo das **vantagens** obtidas pela separação das fases sólida e líquida dos dejetos suínos:

- distribuição do dejetos líquido por irrigação por aspersão fica facilitado;
- a fase sólida do dejetos pode ser tratada e utilizada como alimentos para outros animais;
- uso da fase sólida como cobertura morta, melhorando as características do solo;
- parte líquida, após tratamento, pode ser reaproveitada para limpeza das instalações;
- facilidade no tratamento biológico da parte líquida, devido à redução da carga orgânica e do volume do dejetos;
- sólidos mais estáveis e com menos problemas de maus odores;
- dejetos sólido mais fácil de ser manipulado;
- sólido mais concentrado, facilitando seu tratamento (compostagem e ensilagem) e viabilizando o seu aproveitamento;
- economia de energia no processo de desidratação dos sólidos.

Mas o processo de separação das fases do dejetos também apresenta algumas **desvantagens**, que devem ser ponderadas ao se fazer uma análise de custo/benefício, cujas principais são:

- custos elevados de investimentos em equipamentos e instalações - a separação das fases aumenta o custo final do resíduo separado, e não elimina, necessariamente, o potencial de poluição do dejetos nos cursos d'água. Os autores Scherer, Aita e Baldissera [28], consideram que o custo para a obtenção de uma tonelada de dejetos peneirado e prensado situa-se na faixa de 8 - 10 reais;
- maiores gastos de energia necessária ao funcionamento do sistema;
- há a necessidade de treinamento das pessoas que irão efetuar a operação e manutenção do sistema.

1.4 PROPOSTA DE PESQUISA

Os equipamentos de separação de sólidos existentes no mercado não são adequados aos pequenos agricultores devido, principalmente, ao seu elevado custo de aquisição, operação e manutenção. O baixo custo é requisito fundamental para facilitar o acesso ao equipamento por estes produtores, que são a grande maioria no estado de Santa Catarina. Flexibilidade de alimentação, possibilidade de ser instalado em unidade móvel, baixo consumo de energia e uso de fontes de energia alternativas também são características importantes para otimizar o equipamento na propriedade. Não há conhecimento de equipamentos disponíveis no mercado, que apresentam estas vantagens conjuntamente, aliado ao baixo custo.

O presente projeto visa desenvolver um protótipo de um equipamento de separação de sólidos de dejetos animais que apresente baixo custo de aquisição e manutenção e boa eficiência de separação. Quanto maior quantidade de sólidos o equipamento separar, mais facilitado ficará o posterior tratamento da parte líquida do dejetos.

O sólido separado deve ter pouca umidade (entre 50 e 80 %) que, além de facilitar o seu manejo, é ideal para a posterior compostagem aeróbia e/ou ensilagem. Estas duas práticas estabilizam o dejetos e viabilizam sua utilização.

Objetiva-se um equipamento que, sempre que possível, possa ser alimentado por gravidade, evitando maiores custos com sistema de bombeamento.

A possibilidade de instalação do equipamento em uma unidade móvel e o uso de outras fontes de energia, além da elétrica, também são importantes, para otimizar a sua utilização. Desta forma é possível separar sólido de dejetos em diferentes locais ou propriedades.

Outros pré-requisitos também são fundamentais para o equipamento, tais como: alta reciclabilidade dos componentes; peso reduzido para facilitar transporte; baixo ruído e vibração (aumento da segurança); elevada vida útil; facilidade na operação e manutenção e baixo consumo de energia.

Objetivando suprir as deficiências dos equipamentos disponíveis no mercado e baseando-se nos requisitos listados anteriormente e nas necessidades dos clientes, iniciou-se o desenvolvimento de um protótipo de um separador de dejetos animais destinados ao agricultor catarinense.

Como primeiro passo do projeto, foi efetuado um minucioso levantamento bibliográficos em livros, revistas, artigos e outros, buscando levantar os dados mais recentes sobre a suinocultura, seus problemas ambientais e o aproveitamento dos dejetos

dos suínos. O levantamento bibliográfico também inclui o capítulo II, onde há uma descrição do que existe em termos de tecnologia, nacional e internacional, de tratamento dos dejetos animais, destacando os equipamentos de separação de sólidos.

O capítulo III aborda a identificação dos clientes do projeto e o levantamento de suas necessidades. Neste capítulo também são definidos os requisitos dos clientes e do projeto e as especificações do projeto.

No capítulo IV é feita uma modelagem funcional do produto e seleção da estrutura funcional mais adequada. Com a estrutura definida é apresentado a geração de concepções alternativas (construção da matriz morfológica) e seleção da concepção mais adequada.

O projeto preliminar e o detalhado são abordados no capítulo V, onde a concepção escolhida é detalhada em suas formas e dimensões. Nesta etapa também é descrito a construção do protótipo.

Os testes de laboratório e a campo são descritos no capítulo VI, onde é dado grande ênfase aos testes de campo, com análises de diferentes parâmetros de projeto que influenciam no desempenho do equipamento.

Por último, no capítulo VII são feitas conclusões gerais sobre as diferentes etapas desta dissertação e sugestões de melhoria do protótipo.

CAPÍTULO II

TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DOS DEJETOS

ANIMAIS

2.1 INTRODUÇÃO

Atualmente as técnicas de separação das fases dos dejetos de animais são pouco difundidas em nível nacional, como parte integrante do tratamento destes. Os suinocultores de Santa Catarina e estados vizinhos são, na maioria, pequenos produtores e não têm conhecimento, ou têm apenas vaga noção, dos equipamentos separadores de dejetos existentes no mercado e de suas vantagens. As poucas empresas nacionais, que fabricam e/ou vendem separadores, ainda não possuem estratégias de mercado visando agricultores de baixa renda.

Os pequenos suinocultores não tem acesso à maioria destes equipamentos, e conhecem tão somente a utilização de esterqueiras convencionais como técnica de armazenamento e tratamento dos dejetos. Na prática se constata a pouca difusão de tecnologia para tratamento de dejetos e a falta de equipamentos de separação de fases acessíveis aos pequenos agricultores.

Apenas se observa alguma ação por parte das agroindústrias, que estão incentivando seus integrados a construir esterqueiras para armazenar os dejetos, evitando que os mesmos escoem diretamente em córregos e rios.

O objetivo deste capítulo é procurar levantar as tecnologias de tratamento de dejetos animais, existentes no âmbito nacional e internacional, detendo-se mais na parte de separadores de dejetos, a fim de fornecer subsídios para o desenvolvimento de concepções alternativas destes. Como complemento deste levantamento são elaboradas estruturas de funções (características funcionais) dos separadores existentes, destacando aspectos positivo e negativos que possam vir a suprir as necessidades dos clientes (capítulo III) e auxiliam a elaboração das estruturas de funções alternativas (capítulo IV - projeto conceitual). Há casos em que mais de um equipamento apresenta a mesma estrutura de função. A importância da elaboração das estruturas funcionais no desenvolvimento de um produto será tratada com mais detalhes no capítulo IV.

Ainda neste capítulo são destacadas as tendências futuras com relação à suinocultura catarinense, ao manejo da atividade suinícola e ao tratamento dos dejetos dos suínos.

2.2 TRATAMENTO DE DEJETOS

Existe um grande número de diferentes tratamentos de dejetos atualmente em prática no mundo todo. A figura 2.1 propõe uma classificação das técnicas de tratamentos mais comuns, adaptada de Oliveira [04], utilizando como base o tipo de processo (físico ou biológico) que este dejetos irá sofrer para se tornar apto ao reaproveitamento.

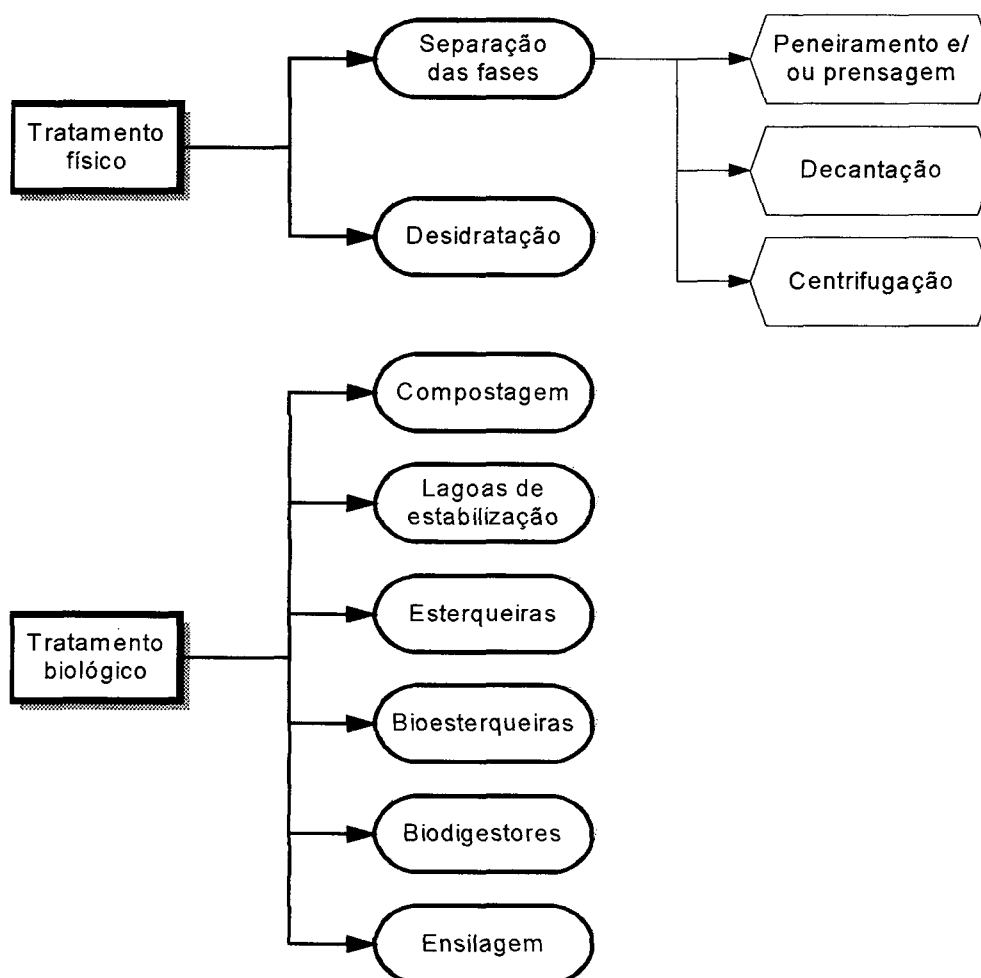


Figura 2.1 – Proposta de classificação dos tratamentos de dejetos, adaptada de Oliveira [4].

Nesta classificação o tratamento é dividido em físico e biológico. No tratamento físico o dejetos passa por um ou mais processos físicos, onde ocorre a separação das fases sólida e líquida (peneiramento, prensagem e centrifugação) ou a evaporação do líquido (desidratação). Já no tratamento biológico ocorre a degradação biológica do dejetos por microrganismos aeróbios e/ou anaeróbios, resultando em um material estável e livre de organismos patogênicos.

Tanto o tratamento biológico como o físico têm como objetivo otimizar o reaproveitamento do dejetos. Normalmente os dois tipos de tratamento se completam, ou seja, um processo físico é seguido de um biológico. Para exemplificar isto pode-se citar o processo de separação de fases do dejetos, seguido do processo de compostagem da parte sólida separada e do depósito da parte líquida separada em lagoas de estabilização.

Aqui é importante lembrar que recomenda-se fazer a análise do dejetos antes da adoção de qualquer sistema de tratamento e de utilização do mesmo, pois suas características variam com o manejo dos animais, local das instalações, tipo de armazenamento do dejetos, categoria de exploração dentre outros.

2.2.1 Tratamento físico

Como tratamento físico do dejetos tem-se a separação das fases sólida e líquida, que pode ser efetuada por processo de decantação, centrifugação, peneiramento e/ou prensagem, e a desidratação da parte líquida por vento, ar forçado ou ar aquecido. A seguir são melhor detalhados os diferentes tratamentos físicos de dejetos utilizados a nível nacional e internacional.

2.2.1.1 Separação das fases

Com a separação das fases do dejetos obtém-se uma fração líquida, mais fluida e que conserva a maioria dos nutrientes solúveis, e uma fração sólida que mantém-se agregada e pode ser transformada em um composto (adubo orgânico estabilizado).

Existem duas maneiras de separar os sólidos dos dejetos: por diferença de densidade entre a fase sólida e líquida, como, por exemplo, o processo de decantação; ou por dimensões físicas, como diâmetro, tamanho e forma das partículas, que é o caso dos processos de peneiramento.

Nos países mais desenvolvidos, como os Estados Unidos da América do Norte e países europeus, uma ampla variedade de separadores de fases de dejetos animais vem sendo usados. Os processos de separação mais comuns nestes países são:

decantação, peneiramento e/ou prensagem e centrifugação. No Brasil apenas a decantação e alguns processos de peneiramento e prensagem são conhecidos.

Como próximo passo são descritos alguns equipamentos e processos que já foram e/ou estão sendo utilizados, em pesquisa ou comercialmente, para tratamento de dejetos animais, a nível internacional.

A) Decantação

O processo de decantação consiste no armazenamento do dejetos em um reservatório por um tempo determinado, suficiente para a parte sólida em suspensão decantar (força da gravidade), separando-se da parte líquida. Na figura 2.2 tem-se um decantador de palheta (placas de alteração de fluxo contínuo) utilizado atualmente por algumas instituições de pesquisa, como a EMBRAPA/CNPQA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves - Concórdia/SC).

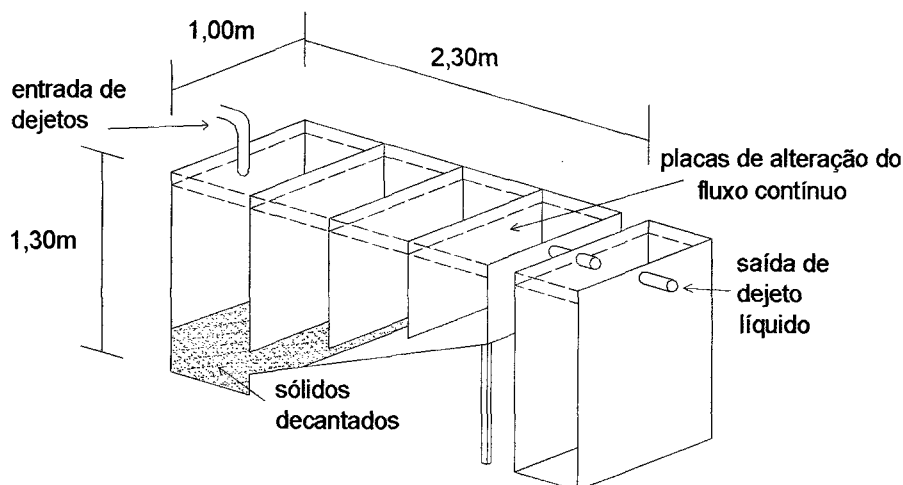


Figura 2.2 – Exemplo de um decantador de palheta para dejetos de suínos [04].

Os autores Fernandes & Oliveira [16], citaram que, na parte líquida resultante da decantação, ocorre redução de até 52 % de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e até 50 % de sólidos totais (ST). Já EMBRAPA/CNPQA [29], em testes realizados no Centro de Tratamento de Dejetos da mesma instituição, obtiveram, pelo processo de decantação (decantador de palhetas), eficiência de separação de 48 % dos sólidos totais e redução de 40 % da DBO e de 27 % de coliformes fecais no dejetos líquido separado. A redução de sólidos totais no líquido separado pode chegar até 68 % [30]. Adicionando polímeros (floculantes) no dejetos, aumenta-se a eficácia da separação de

sólidos. Apesar da boa eficiência deste tipo de decantador, ele está pouco presente em granjas comerciais de suínos.

Com relação ao tempo ideal de decantação, Blaha [31] afirmou que tempo de retenção de dejetos maior que 30 minutos não resulta em aumento significativo de remoção de sólidos.

O CNPSA/EMBRAPA [29] estimou custos da ordem de R\$ 125,00/m² de decantador de palheta construído, sendo necessário um decantador de 5,65 m² para o tratamento de dejetos de aproximadamente 1000 suínos.

Além do decantador de palhetas, outros também são explorados, diferindo apenas no formato e na presença ou não de placas de alteração de fluxo contínuo.

A decantação é um dos processos mais difundidos no Brasil para separação de sólidos de dejetos animais, apresentando uma boa eficiência de separação e baixo custo de instalação. Mas, como desvantagem tem-se: a parte sólida separada por este processo apresenta alto teor de umidade (a figura 2.3 destaca as características funcionais do decantador, onde observa-se a função decantar dejetos sólidos, processo este que apenas separa o líquido livre), dificultando seu posterior manejo e reaproveitamento; há a necessidade de maiores áreas para sua construção no caso de grande produção de dejetos (rebanhos grandes); devido às suas dimensões e peso não pode ser instalado em unidade móvel para utilização em mais de uma propriedade.

B) Peneiramento e/ou prensagem

B.1) Peneira estática

Neste equipamento a parte líquida do dejetos passa através de uma peneira enquanto o sólido é retido pela mesma (figura 2.4), flui por gravidade e é coletado na outra ponta. O maior problema da utilização desta peneira é causado pela fina camada de sólidos que se acumula sobre a mesma, exigindo constante limpeza [16].

São as peneiras mais simples (a figura 2.5 mostra sua estrutura de função, onde utiliza-se apenas energia gravitacional, da mesma forma que o decantador) mas de menor eficiência, removendo de 20 a 30 % do material orgânico do dejetos [22]. Utilizando aberturas de crivo de 1,5 mm, a eficiência de separação de sólidos de dejetos suínos é apenas de 3 à 10 %, chegando à faixa de 10 – 25 % com peneiras de abertura de crivo de 1 mm [32].

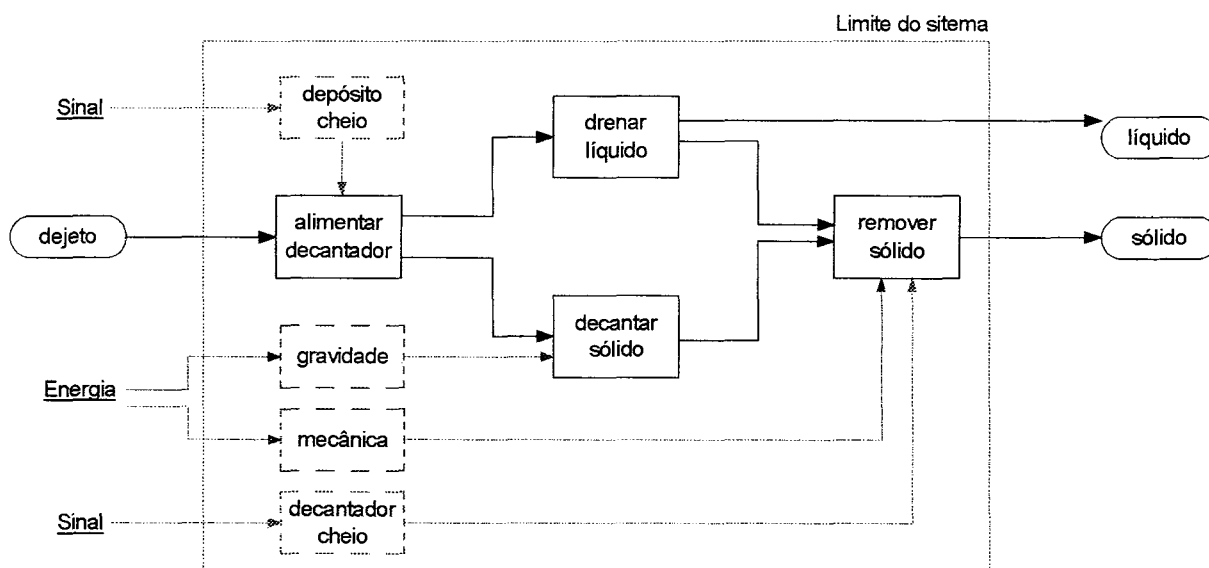


Figura 2.3 – Estrutura de função de um decantador.

Em dejetos com elevada concentração de sólidos totais, este tratamento se torna ineficiente, por causa de frequentes entupimentos dos crivos (aberturas) da peneira.

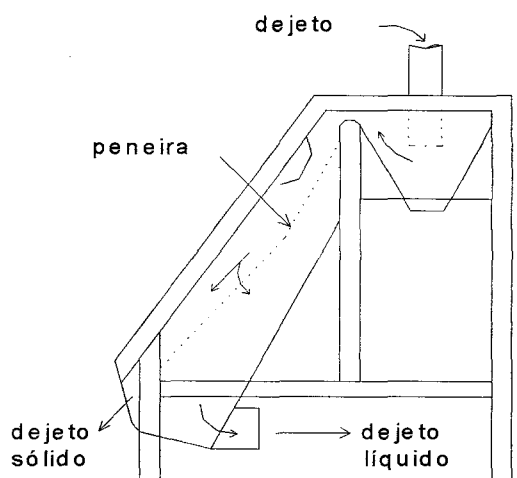


Figura 2.4 – Esquema de funcionamento de uma peneira estática inclinada [04].

B.2) Peneira vibratória

Consiste num recipiente raso, circular, retangular ou quadrado com uma superfície de peneira. Aqui a separação das fases ocorre por movimentos verticais e tangenciais da peneira, mantendo os dejetos em fluxo contínuo [16]. A parte líquida do

dejeito passa através dos crivos da peneira, sendo coletada na parte inferior e drenada por tubulação e a parte sólida é coletada num recipiente no final da mesma, conforme mostrado na figura 2.6.

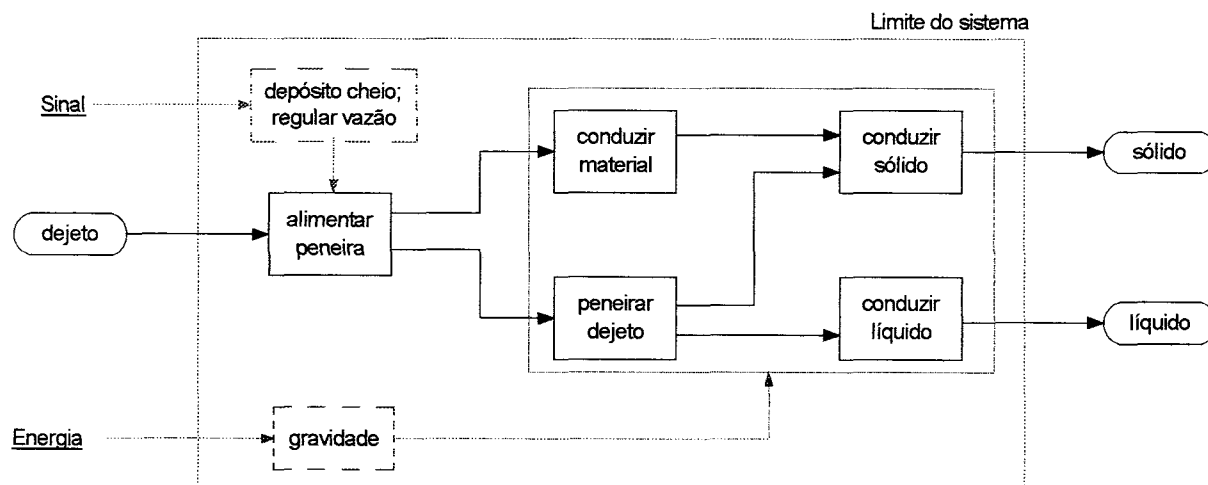


Figura 2.5 – Estrutura de função de uma peneira estática inclinada.

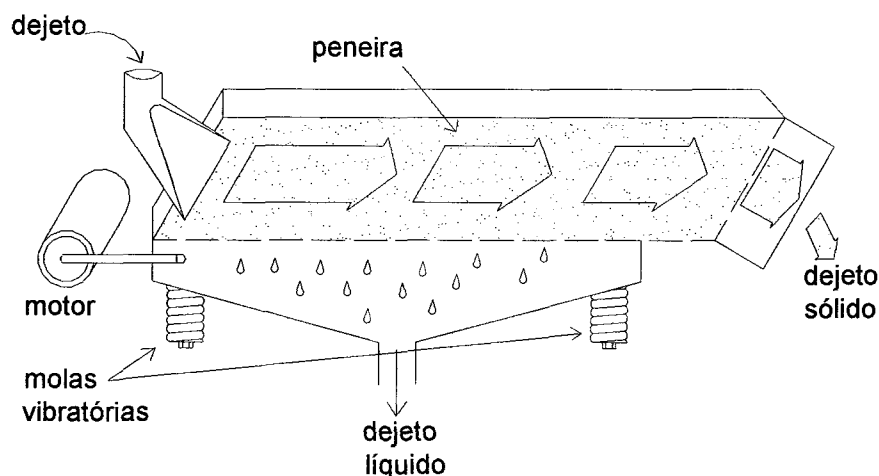


Figura 2.6 – Esquema de funcionamento de uma peneira vibratória [04].

Os autores Overcash, Humenik & Miner [32] obtiveram uma eficiência de separação de sólidos de 33 %, para abertura de crivo de 0,25 mm, e 40 % para abertura de crivo de 0,08 mm.

Os movimentos da peneira proporcionam baixa tendência ao entupimento, tornando possível utilizar peneiras com aberturas de crivos menores (retêm partículas mais finas) e separar dejetos com maior concentração de sólidos.

B.3) Peneira rotativa

Esta peneira apresenta-se sob diversos modelos. A figura 2.7 mostra um dos modelos mais comuns, onde o dejetos é carregado na parte superior de um cilíndrico (peneira) rotativo montado horizontalmente. A fração líquida atravessa os crivos da peneira depositando na parte inferior, onde são coletados e removidos, e a parte sólida adere-se à superfície desta peneira, sendo retirada por uma lâmina de raspagem [33].

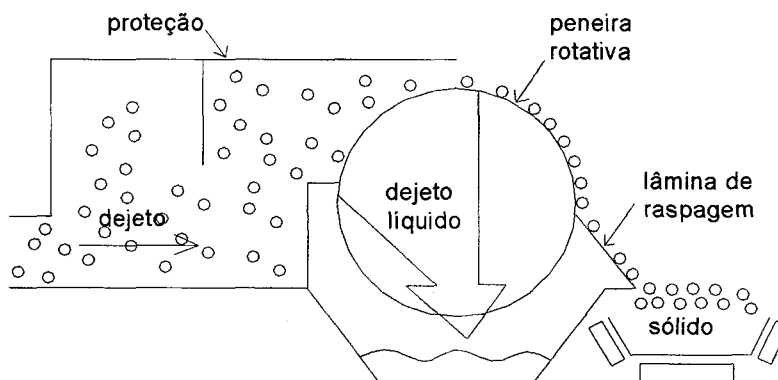


Figura 2.7 – Diagrama de uma peneira rotativa [04].

Este equipamento tem a vantagem de proporcionar uma operação contínua, com pouca possibilidade de entupimento, separando partículas grosseiras e finas [16] mas não tem boa eficiência de separação (apenas 30 %, obtido por equipamentos similares na Europa - vide peneira rotativa com roletes - item B.5).

As três peneiras, vibratória, estática e rotativa, possuem a desvantagem de produzir o sólido separado com elevada umidade, porque não possuem sistema de prensagem deste.

B.4) Cilindro perfurado rotativo

O autor Merkel [34] destaca um tipo de separador de sólidos de dejetos animais, que consiste num cilindro inclinado perfurado (tela cilíndrica), com lâminas helicoidais (caracol ou rosca-sem-fim) fixadas no seu interior (figura 2.8). O dejetos é introduzido na porção mais alta do cilindro e flui descendentemente no seu interior. Com o cilindro rodando, as lâminas transportam a parte sólida do dejetos até a outra extremidade, através de movimento helicoidal, onde são descarregados.

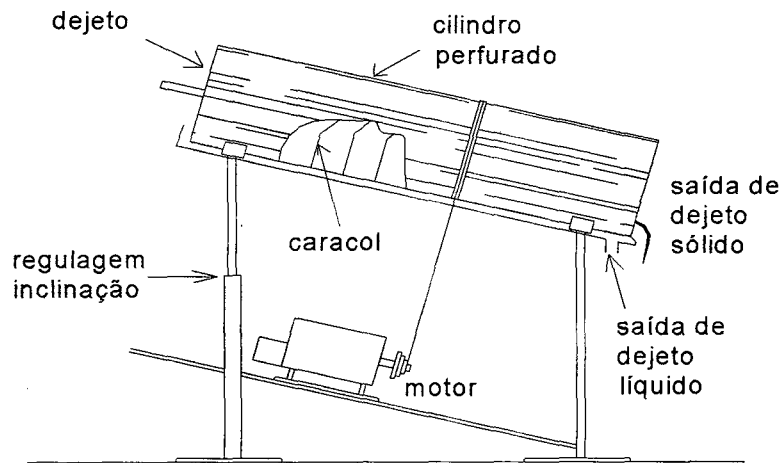


Figura 2.8 – Cilindro suspenso rotativo [34].

A eficiência de separação de sólidos é função do desenho das lâminas helicoidais, da velocidade de rotação do cilindro e da concentração de sólidos do dejeto a ser separado.

O cilindro descrito por Merkel [34] possui 61 cm de diâmetro e 153 cm de comprimento; as lâminas tem 15,3 cm de altura e 10,2 cm de espaçamento entre elas; o ângulo de inclinação do cilindro é de 17,5 graus.

O mesmo trabalho trás resultados práticos do uso deste equipamento, conforme mostrado na tabela 2.1. Nesta tabela observa-se que o desempenho do cilindro diminuiu gradativamente a medida em que aumentou a vazão de entrada do dejeto de bovino de leite. Para a separação de dejetos de suínos, o mesmo autor recomenda fluxo de entrada de 1 à 1,6 m³/h.

Tabela 2.1 – Desempenho do cilindro suspenso rotativo com dejeto diluído de bovinos de leite (0,05 à 1,2 % de sólidos totais)

Vazão de entrada (m ³ /h)	Eficiência de remoção de sólidos (%) ⁽¹⁾
0,24 - 0,72	54,1
0,72 - 0,96	46,6
0,96 - 1,20	34,6
1,20 - 1,44	28,6
1,44 - 1,68	10,5
1,68 - 2,16	14,3
2,16 - 3,00	13,1

(1) - Foi utilizado cilindro com abertura de crivo de 1,2 mm.

Fonte: Merkel [34].

Observa-se que este equipamento tem a desvantagem de trabalhar com pouca vazão de entrada e o sólido resultante, por não sofrer processo de prensagem, apresenta alto teor de umidade.

No Brasil, AGRODATA [35] descreveu a utilização de um equipamento similar em uma granja de 7 mil suínos (de responsabilidade do veterinário Roberto Magnabosco - não identificou a granja). Este equipamento possui uma inclinação de 12 %, 5 m de comprimento, tela em aço com abertura de crivo de 0,5 mm e 3 m de circunferência de tela, movidos por um motor de 0,74 kW.

Neste separador brasileiro foi declarado a obtenção de um sólido separado com apenas 40 % de umidade, mas este resultado é questionável. O referido separador não possui nenhum dispositivo de prensagem do sólido para extrair a água impregnada neste.

Tanto o cilindro suspenso rotativo como a peneira vibratória e a peneira rotativa possuem as mesmas características funcionais, conforme mostrado na figura 2.9. A introdução de energia mecânica (função auxiliar de produção de movimento) faz com que estas 3 concepções apresentem um grau de eficiência de separação maior, comparado à peneira estática, mas ainda persiste o problema de elevada umidade do sólido separado, pois não há uma função para extrair o excesso de água destes.

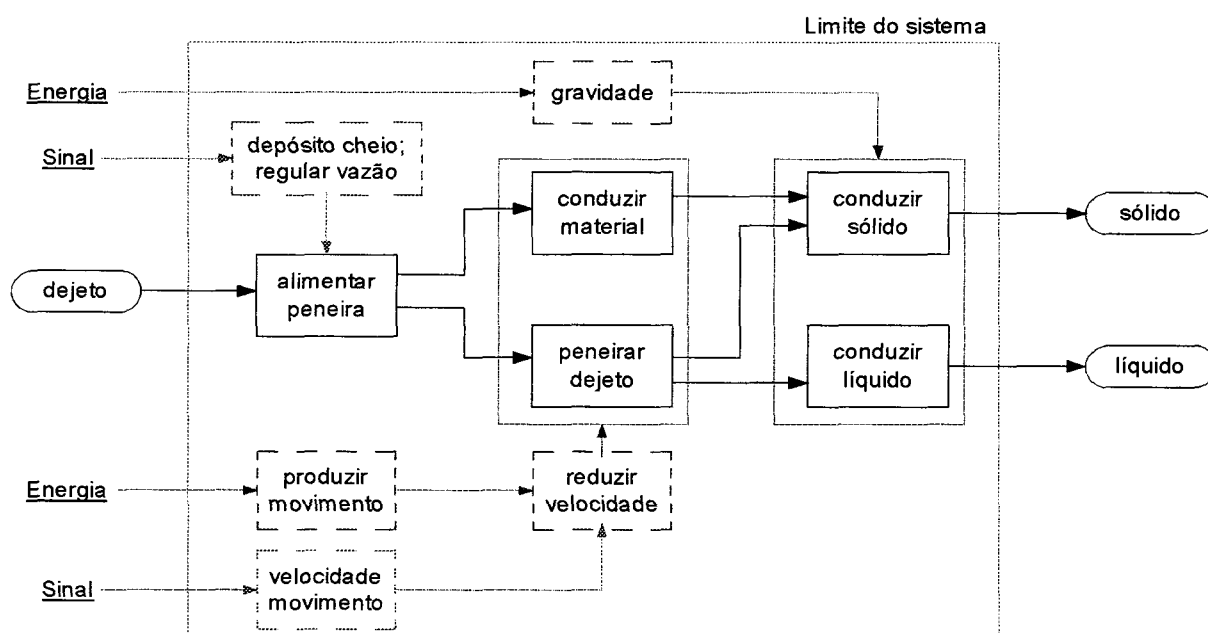


Figura 2.9 – Estrutura de função de uma peneira vibratória, peneira rotativa e cilindro suspenso rotativo.

B.5) Peneira rotativa com roletes

Construído normalmente em aço inoxidável, este equipamento pode trabalhar com vários tipos de dejetos, com pouco ajustes e mínima manutenção. Uma peneira cilíndrica separa o líquido livre do dejetos e, por rotação, transporta o sólido, que é comprimido por pares de roletes sobre esta peneira. No lado oposto da entrada, o dejetos sólido é removido da superfície da peneira por um raspador. O equipamento pode ser abastecido por bombeamento ou por gravidade.

Um modelo, da marca FB (vide figura 2.10), produzido na Inglaterra, é composto por dois motores elétricos de 1,5 kW e 1440 rpm cada, acoplado à redutores de velocidade (tipo rosca-sem-fim), que movem os roletes e a peneira cilíndrica. Os roletes são de borracha e a peneira é em aço inoxidável. A construção de equipamento é em aço inoxidável. Separa até 40 m³ de dejetos de suínos/hora, removendo até 30 % dos sólidos totais, em peneira de 2 mm de abertura de crivo. O sólido separado apresenta-se com 70 – 75 % de umidade. Tem um custo aproximado de 14 mil reais (8 mil dólares), na Inglaterra [36].

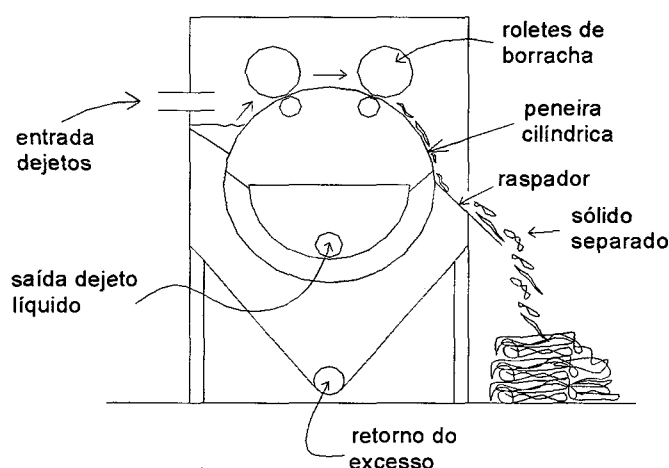


Figura 2.10 – Esquema de funcionamento da peneira rotativa com rolete, marca FB [36].

Este equipamento tem a vantagem, com relação à peneira rotativa, de produzir um sólido separado com teor de umidade menor, devido à ação de prensagem feita pelos roletes.

Existem outros separadores com princípios e desempenhos similares, produzidos na Europa e Estados Unidos da América do Norte. No Brasil não há conhecimento da utilização de equipamentos com este princípio de funcionamento. Deve-

se procurar melhorar a eficiência de separação deste equipamento e um dos caminhos pode ser a utilização de peneira rotativa com abertura de crivo menor.

B.6) Peneira côncava de 2 estágios com roletes

O Separador BKW, de fabricação Inglesa, é um destes equipamentos que se encontra a disposição no mercado europeu, e atua separando as fases do dejetos através de uma peneira côncava de 2 estágios. Neste equipamento, no primeiro estágio da peneira é removido o líquido livre e no segundo roletes prensores comprimem o dejetos sólido contra a peneira, ao mesmo tempo que raspadores removem-no para fora, conforme mostrado na figura 2.11. O abastecimento do equipamento é feito por bombeamento ou por gravidade.

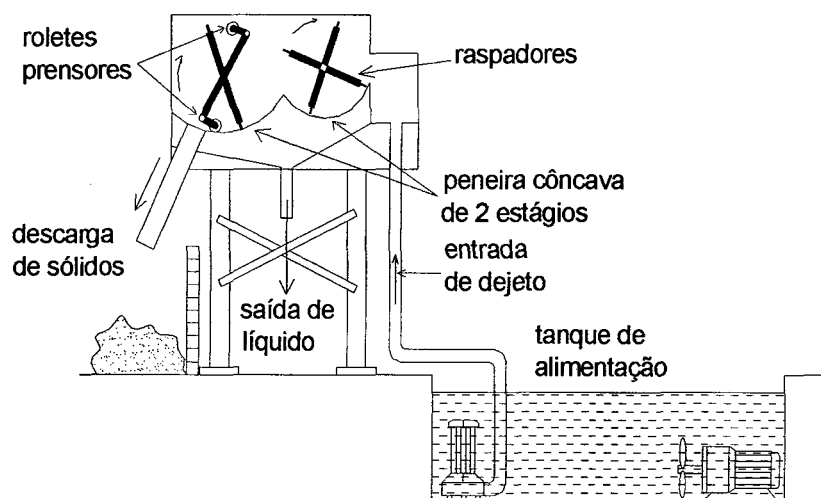


Figura 2.11 – Esquema de funcionamento da peneira côncava de 2 estágios com roletes, marca BKW [37].

Este separador é fabricado em 2 modelos: o modelo 600 tem capacidade de separar até 26 m³ de dejetos/hora e/ou 1,5 m³ de sólidos separados/hora (dimensões de 3 m de comprimento por 1,03 m de largura por 1,76 m de altura), utilizando um motor elétrico de 0,75 kW; o modelo 1200 tem capacidade de até 54 m³ de dejetos/hora e/ou até 3 m³ de sólido separado/hora (com relação ao anterior aumenta apenas a largura para 1,67 m), movido por um motor elétrico de 1,1 kW. As peneiras do equipamento são em aço inoxidável, o corpo é galvanizado e os roletes e raspadores são de polietileno de alta densidade. A peneira tem opção de 3,2 ou 1,6 mm de abertura dos crivos, sendo utilizado para a separação de dejetos de bovinos [37].

O que chama a atenção deste equipamento é seu baixo consumo de energia e a sua simplicidade de concepção, refletindo em baixos custos de fabricação. Não se tem conhecimento da utilização deste equipamento para a separação de dejetos de suínos.

No mercado europeu e norte americano existem outros equipamentos com poucas variações no princípio de funcionamento. Um destes possui, dentro de cada parte côncava da peneira, um dispositivo múltiplo de escovas (no lugar de raspadores) e roletes, que limpam (escovas) e prensam (roletes) o dejetos. A parte líquida é forçada através da peneira pelo conjunto rolete/escova [33].

B.7) Tela com roletes

Neste equipamento uma tela de *nylon*, tipo esteira, faz o peneiramento do dejetos (ilustrado na figura 2.12). O dejetos é abastecido sobre a tela em movimento, por meio de gravidade ou bombeamento. O líquido livre atravessa a tela, por gravidade, e é recolhido em tanques ou tubulações. Esta tela passa entre dois pares de cilindros (2 roletes), que fazem a prensagem do sólido sobre a mesma. O rolete superior é sólido e normalmente é de borracha, enquanto o rolete inferior pode apresentar-se perfurado, para facilitar a drenagem do líquido. No final do equipamento, um raspador remove o sólido prensado sobre a tela [33].

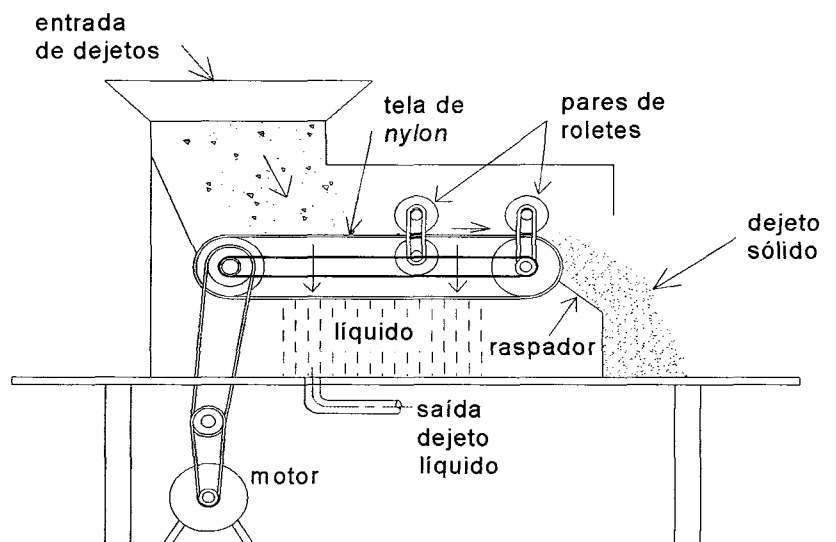


Figura 2.12 – Esquema de funcionamento de uma tela com roletes, adaptado de COMSUI (Comércio de Suínos Ltda.) [38].

Um destes modelos, da marca COMSUI (fabricado em Maringá/PR), pode separar até 6 m³ de dejetos suíno sólido/hora, dependendo da consistência do dejetos que entra no equipamento, e deixa a parte sólida separada com 70 à 75 % de umidade [38].

Apesar de ser um equipamento que não requer elevados investimentos para sua fabricação, se constatou na prática que as telas de *nylon* não apresenta boa resistência e rompem frequentemente.

Estes últimos três equipamentos (peneira rotativa com roletes, peneira côncava de dois estágios com roletes e tela com roletes) têm as mesmas características funcionais e inovam, com relação às anteriores, por possuir a função prensar sólidos, feita por roletes. Isto permite um sólido separado com umidade reduzida. Por serem equipamentos de concepção relativamente simples, devem ser sujeitos à novas experiências com dejetos suínos, utilizando peneiras com aberturas de crivo menores, para avaliar se ocorre um aumento na eficiência de separação, chegando mais perto de uma ideal (acima de 40 %).

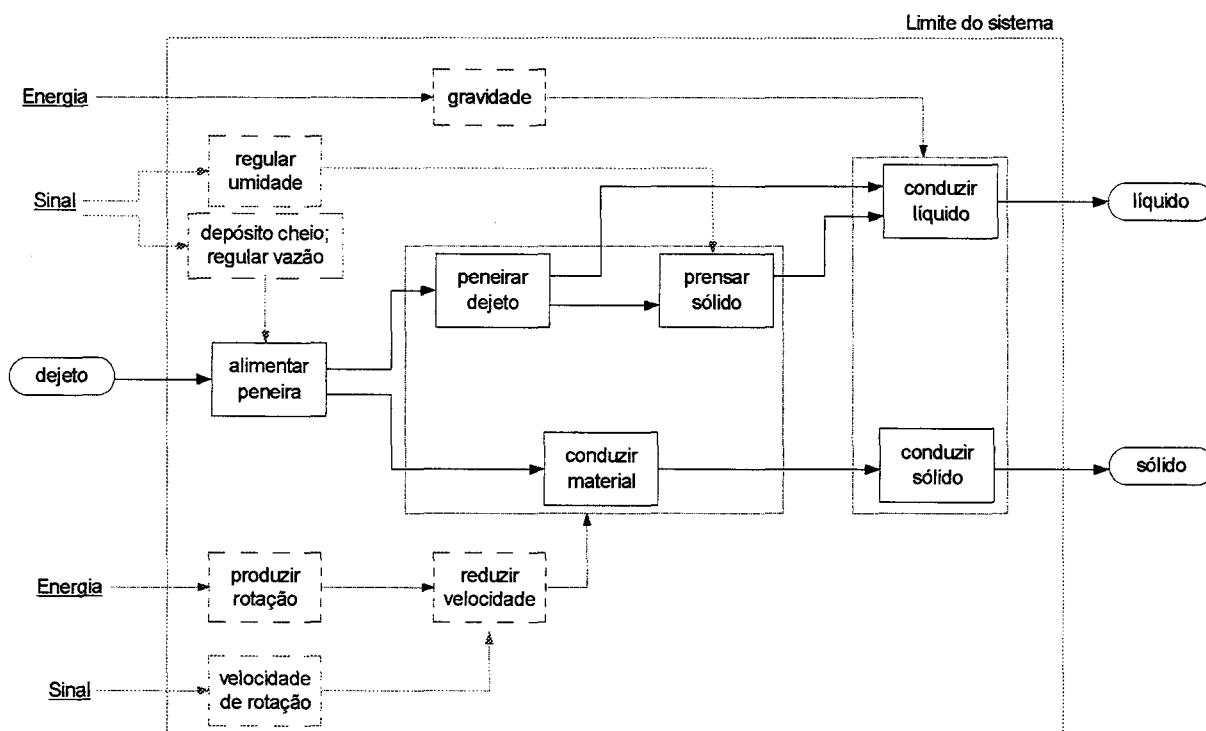


Figura 2.13 – Estrutura de função de uma peneira rotativa com roletes, peneira côncava de dois (2) estágios e tela com roletes.

B.8) Prensa de peneira com fuso

Um processo físico de separação de sólidos de dejetos que está dando bons resultados, tanto para dejetos de suínos como de bovinos, desde que o dejetos sólido não possua granulometria muito fina, é a utilização de separadores tipo prensa de peneira. Existe, à disposição no mercado, separadores importados da Alemanha, da marca FAN, que funcionam por peneiramento e prensagem do dejetos.

O funcionamento do equipamento FAN pode ser esquematizado conforme a figura 2.14 e descrito, de acordo com FAN [39], da seguinte maneira: um motorreductor elétrico gira um fuso (rosca-sem-fim) transportador a 35 rpm; este fuso, envolta por uma tela (peneira) cilíndrica, transporta a parte sólida do dejetos para fora do equipamento, pelo seu movimento, enquanto a parte líquida é filtrada pela peneira; contrapesos exercem pressão em sentido contrário à saída de sólidos, e é o grau desta pressão que determina a umidade no sólido separado. O equipamento também é composto de um painel elétrico que possibilita a automatização do sistema.

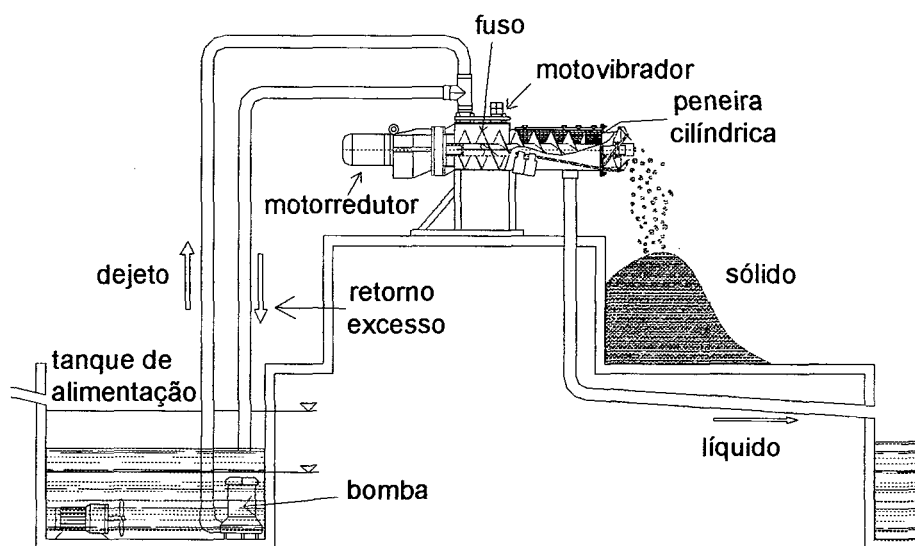


Figura 2.14 – Esquema de funcionamento da prensa de peneira com fuso FAN [39].

Algumas das especificações deste equipamento são: comprimento total de 2,07 metros e altura de 0,97 m; motor elétrico de ferro fundido de 4 kW; peneira cilíndrica de aço inoxidável; corpo em ferro fundido; motovibrador elétrico de 0,15 kW, que homogeneiza o dejetos na entrada; 4 contrapesos em ferro fundido de 1 kg cada. O separador necessita de uma bomba elétrica (3 - 7,5 kW, dependendo da situação) para alimentar o equipamento, e como opcional um agitador elétrico (homogeneiza o dejetos no

tanque de alimentação) de 6 kW. A bomba e o agitador trabalham submersos no tanque de alimentação. Também são utilizadas mangueiras plásticas flexíveis de 4 polegadas de diâmetro para transporte do dejetto ao equipamento, para o retorno do excesso ao tanque de alimentação e para a descarga do dejetto líquido separado [39].

Esta tecnologia apresenta uma boa eficiência de separação, acima de 50 % dos sólidos totais, e o sólido separado não contém mais de 70 % de umidade. O equipamento acima citado também apresenta ótimos resultados para a separação de sólidos de dejetos de bovinos.

Como desvantagens deste separador pode-se citar o seu alto custo de aquisição, que pode chegar até a 25 mil reais pelo conjunto, e sua assistência técnica deficiente (peças importadas). Parte deste custo elevado se deve às funções complementares (vide figura 2.15), como a função de homogeneizar o dejetto na entrada do equipamento, feito por um conjunto motovibrador, e o retorno do excesso de dejetto, necessário devido à maior capacidade da bomba, em relação ao separador.

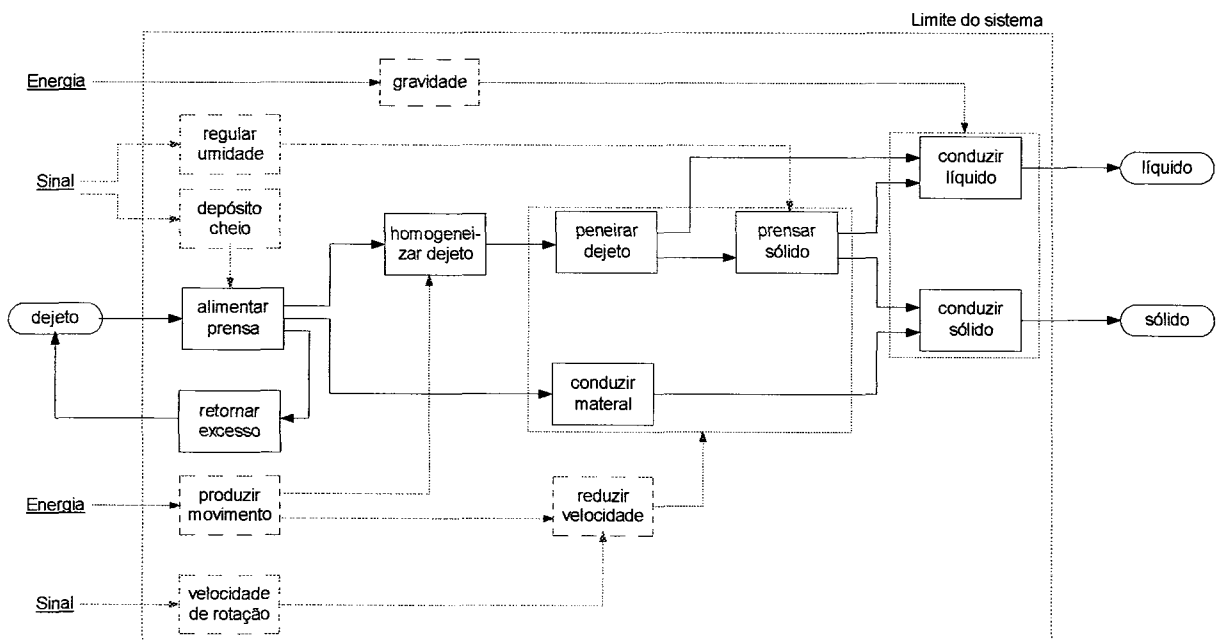


Figura 2.15 – Estrutura de função de uma prensa de peneira com fuso.

Outros equipamentos, com o mesmo princípio de funcionamento, como os nacionais Peneira em conjunto com Prensa Pompéia e Prensa ECO - 500, são muito vendidos comercialmente, mostrando ser um dos princípios mais eficientes para separação e prensagem do dejetto, mas ainda acarretam em elevados custos de aquisição.

O sistema Peneira em conjunto com Prensa Pompéia é fabricado pela Metalúrgica Pompéia, Rio do Sul/SC, e apresenta-se em dois modelos: um com capacidade de produção de 750 kg matéria seca/hora (conjunto PA3, atende uma granja de até 10 mil suínos e tem custo de aquisição de 9 mil reais) e outro menor, com capacidade de 100 kg matéria seca/hora (conjunto PA1, atende uma granja de até mil suínos, com custo aproximado de 4,5 mil reais) [40]. O sistema é composto por uma peneira vibratória, que separa a água livre do dejetos, e por um sistema de fuso e prensagem (sistema similar ao do separador FAN) que, atuando depois da peneira, separa o líquido impregnado no sólido (esquematizado na figura 2.16). O sólido separado apresenta uma umidade em torno de 40 % [24].

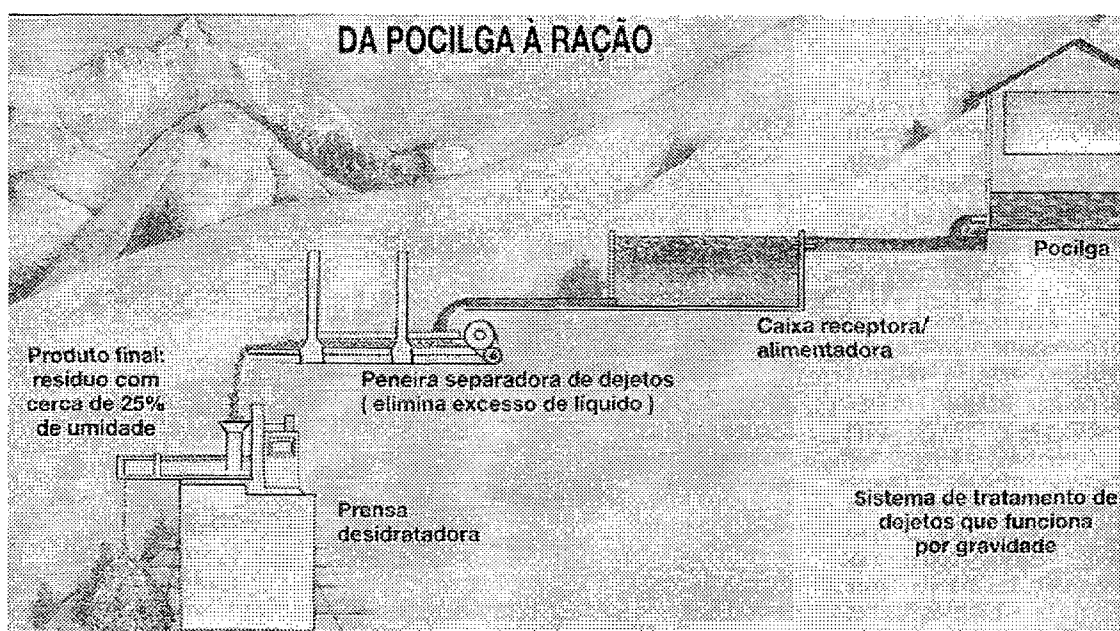


Figura 2.16 – Esquema de funcionamento do sistema Pompéia (peneira vibratória em conjunto com prensa de peneira com fuso) [24].

A peneira vibratória, com peso aproximado de 100 kg, é composto por um motor elétrico de 0,75 kW e uma peneira em aço inoxidável, montados sobre um chassi de chapas dobradas. Já a prensa é movida por um motor elétrico de 3,7 kW e a sua peneira cilíndrica é em aço inoxidável [40].

A instalação deste equipamento em um terreno declivoso permite que o material circule por gravidade (vide figura 2.16), evitando aquisições de bombas. Mas o fato do sistema ser composto por dois equipamentos dificulta a sua instalação em unidade móvel.

A prensa é de dupla ação, ou seja, o cilindro prensor tem extensão simétrica para cada lado da entrada do dejetos, com uma saída de dejetos sólido em cada ponta. O curso do pistão é igualmente simétrico com relação à entrada. Desta forma o dejetos entra na prensa ininterruptamente. Enquanto num lado do cilindro ocorre a prensagem do dejetos sólido, no outro lado o cilindro está sendo abastecido por dejetos. Nas saídas do dejetos sólido tem-se anteparos ajustáveis, que servem para regular a umidade destes.

A peneira cilíndrica é feita com barras paralelas. O pistão é dirigido por três barras delgadas que se estendem através da câmara de compressão além da saída da prensa e são acopladas às barras do cilindro hidráulico. A potência hidráulica é fornecida por motor elétrico e bomba de mudança variável, a qual concede variação na frequência do curso do pistão.

Uma prensa com peneira de crivos de 1 mm foi testada em dejetos bovinos, no mesmo Centro de Pesquisa, onde apresentou uma capacidade de separação de 10 m³/h, para um dejetos com 8,83 % de sólidos, e eficiência de separação de 25,6 % (com umidade de 72,44 %) [42].

Não há trabalhos de separação de dejetos suínos com esta prensa. Pode-se concluir que a sua eficiência de separação de sólidos destes dejetos, será ainda menor que a alcançada com dejetos bovinos utilizando mesmo tipo de peneira, devido à granulometria menor das partículas sólidas dos primeiros.

A função auxiliar produzir movimento alternado (figura 2.18) torna o equipamento mais complexo, pois necessita uma bomba de mudança variável. Isto, aliado à baixa eficiência de separação, torna o equipamento inviável para o pequeno agricultor catarinense.

B.10) Filtro a vácuo rotativo

Conforme descrição de ASAE [33], e ilustração de Overcash, Humenik & Miner [32], este equipamento consiste num cilindro rotativo perfurado, montado horizontalmente, com uma cobertura de fibra de pano (vide figura 2.19 a) e usa o vácuo (pressão reduzida no lado interno do cilindro) para drenar o líquido do dejetos. Este cilindro mergulha no dejetos e suga-o, através da diferença de pressão formada por uma bomba de vácuo externa. O dejetos flui sobre a superfície do cilindro, sendo que o líquido passa através do cilindro e é coletado na parte central e o sólido é raspado fora do pano. Dentro do dejetos depositado abaixo do cilindro há um agitador, cujo objetivo é evitar a decantação da parte sólida, melhorando a eficiência de separação.

O autor Fellows [43] descreve uma variação deste cilindro, que trabalha com uma bomba de vácuo central (figura 2.19 b). Este equipamento tem a superfície dividida numa série de compartimentos rasos. Cada compartimento é envolto em filtro de pano e conectado à bomba de vácuo central. O líquido é drenado através dos filtros e removidos por tubos centrais. O sólido passa por um rolete para extrair o líquido impregnado nele. Em sequência o vácuo é liberado e o ar comprimido é soprado por entre o pano (de dentro para fora) para liberar o sólido.

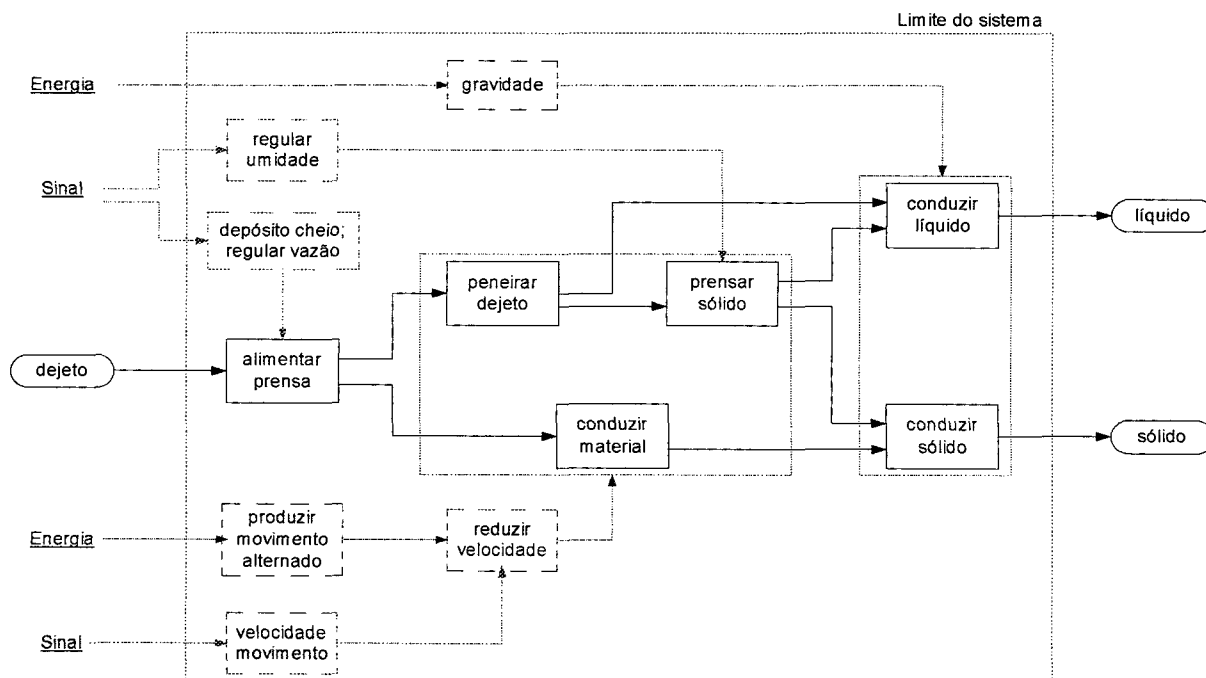


Figura 2.18 – Estrutura de função de uma prensa com pistão anular de dupla ação.

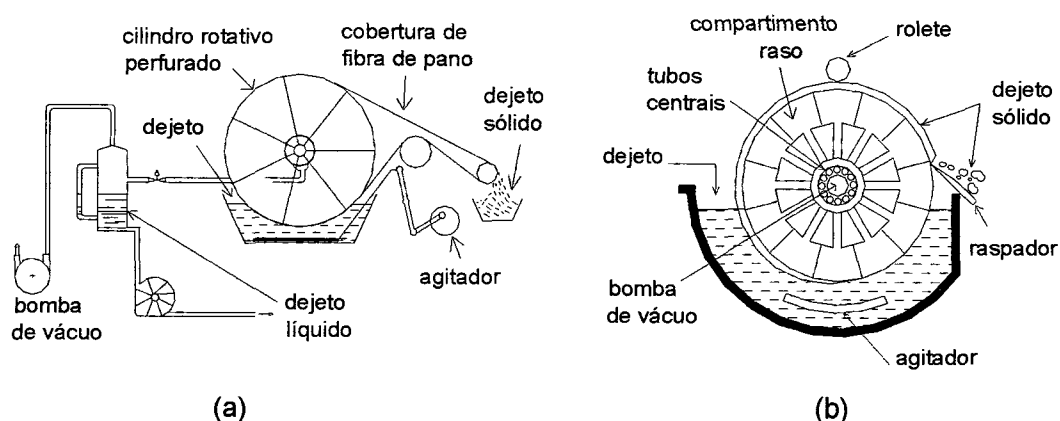


Figura 2.19 – Filtro a vácuo rotativo: a) bomba de vácuo externa [32]; b) bomba de vácuo central [43].

Estes tipos de filtros trabalham à baixa rotação e são habilitados à operar continuamente.

Conforme Blaha [31] em dejetos de aves, com adição de polieletrólitos (cátions e ânions que atuam como floculantes) o filtro a vácuo (não identificou o tipo de filtro) tem eficiência de separação de sólidos superior à 30 % mas, sem a adição destes produtos químicos, a eficiência não é satisfatória. O mesmo autor afirma que os custos iniciais de investimento no filtro à vácuo são altos, e há o consumo de elevada energia para operação.

Já os autores Overcash, Humenik & Miner [32] mostraram melhores resultados. Utilizando um filtro a vácuo (bomba de vácuo externa) com cilindro de crivo de 0,2 mm, obtiveram uma eficiência de remoção de 46 à 53 % dos sólidos totais de dejetos de suínos.

De qualquer forma os altos custos de aquisição, manutenção e operação, principalmente para efetuar a função sugar dejetos (ilustrada na figura 2.20), limita muito o uso do filtro à vácuo por pequenos e médios produtores.

C) Centrifugação

A separação das fases do dejetos, na centrifugação, ocorre devido à força gravitacional que atua nas partículas em suspensão. As centrífugas podem apresentar-se de forma horizontal (cilindro rotativo ou cônico com diferentes velocidades) ou vertical (centrífuga à disco e peneira cônica rotativa) [04].

Os autores Fernandes & Oliveira [16] citaram que a relação entre o comprimento e o diâmetro (c/d) do cilindro define a eficiência de uma centrífuga horizontal. Segundo estes autores: as centrífugas de alta rotação com relação c/d maior que 2 são usadas para separar sólidos altamente dispersos, com baixa concentração no dejetos; as centrífugas com média rotação com relação c/d menor que 2 são empregadas para separar fases de dejetos com alta concentração de sólidos.

A vantagem dos processos de centrifugação, de um modo geral, reside na boa eficiência de separação, resultando em uma fase líquida, com 1 à 2 % de sólidos totais, e uma fase sólida, com 75 à 80 % de umidade [16].

A eficiência na remoção de sólidos varia conforme o tipo de centrífuga, as forças centrífugas aplicadas, tempo de centrifugação, concentração de sólidos no dejetos, tipo de sólido, temperatura e outros. A capacidade das centrífugas variam de menos de 1 à mais de 11 m³ de dejetos/hora. Nos dejetos com conteúdo de sólidos entre 2 e 7 %, a

centrífuga pode reduzir de 50 à 95 % da DBO [31]. A adição de floculantes no dejetos melhora a eficiência de separação.

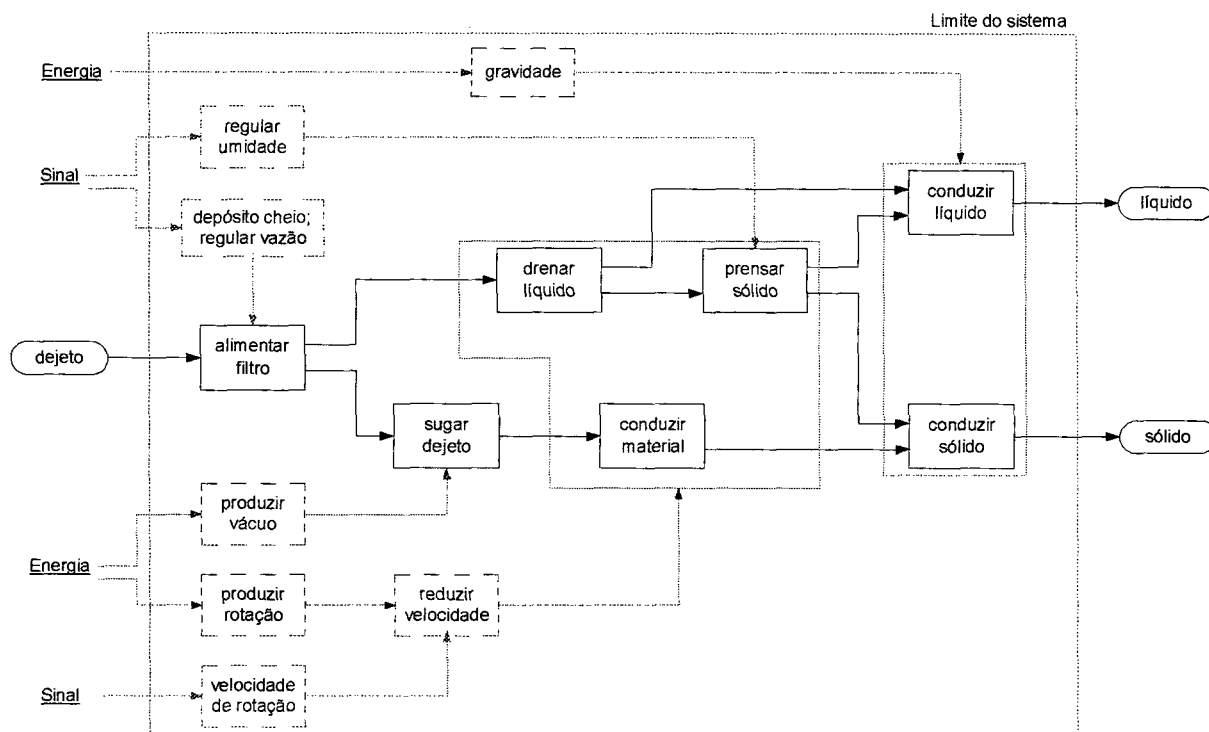


Figura 2.20 – Estrutura de função de um filtro à vácuo rotativo.

Como desvantagens gerais a centrífuga requer muito tempo para limpeza e manutenção, possui o custo muito elevado (12 à 20 mil reais/m³ de dejetos/hora de capacidade) e gasta muita energia (15 à 22 kW/m³ de dejetos/hora de capacidade) [31].

C.1) Centrífuga horizontal com fuso interno - *decanter*

Os autores Wellers & Willetts [44] descreveram, e os autores Overcash, Humenik & Miner [32] ilustraram, o funcionamento de uma centrífuga horizontal composta por um rotor cilindro-cônico e um fuso perfurado no seu interior, também conhecida como centrífuga *decanter*. Ambos rotacionam na mesma direção, sendo o primeiro à velocidade de 4.750 rpm e o segundo à 4.780 rpm. O dejetos, ejetado no centro do fuso, é imediatamente lançado para fora (dentro do cilindro) pelo movimento de rotação, de modo que os sólidos formem uma camada junto à parede interna do cilindro. As lâminas do fuso auxiliam, junto com o movimento de rotação, a lançar os sólidos para a parte mais estreita do cilindro e o líquido flui para a parte mais larga, conforme esquematizado na figura 2.21.

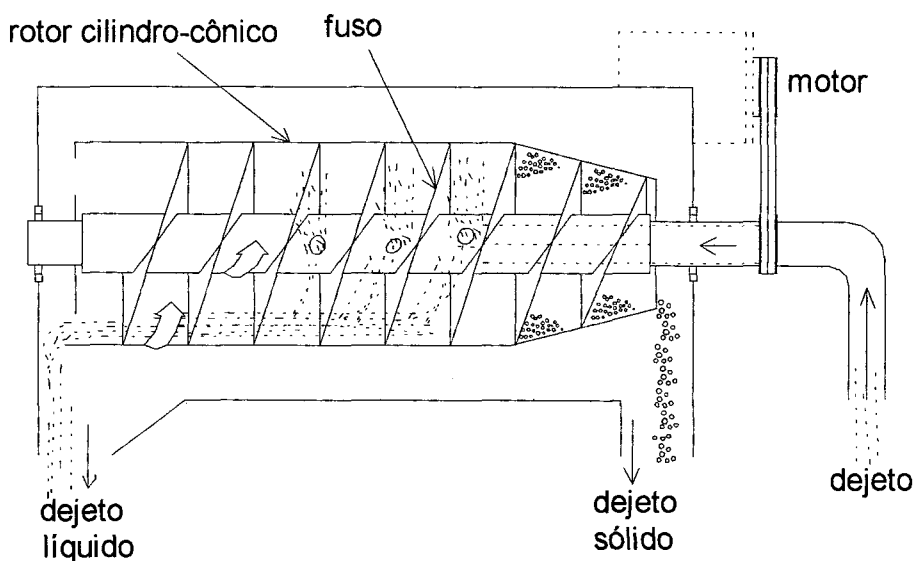


Figura 2.21 – Esquema de funcionamento da centrífuga horizontal com fuso interno (*decanter*) [32].

Esta centrífuga pode trabalhar com materiais contendo mais de 50 % de sólidos totais e uma ampla faixa de tamanho de partículas, além de proporcionar um sólido separado com baixa umidade [45].

Os autores Reimann & Schön [30] citaram que uma centrífuga com rotor cilindro-cônico e fuso interno, trabalhando com vazão de entrada de 8 à 12 m³/h, pode reter até 71 % dos sólidos totais contidos no dejeto de suíno, deixando o sólido separado com 71,7 % de umidade.

O *decanter* apresenta requisitos técnicos ideais de alta eficiência de separação e satisfatórios de sólido separado com baixa umidade. Mas tem a grande desvantagens de serem de elevado custo de fabricação e operação (grandes gastos de energia), devido à complexidade de seus componentes e pela alta rotação de funcionamento. Os autores Zhang & Westerman [46] mencionaram que o preço de aquisição de um *decanter* (capacidade de 1 à 8 m³ de dejeto/h), nos Estados Unidos da América do Norte, pode chegar à 90 mil reais (50 mil dólares).

C.2) Centrífuga vertical à disco

Os autores Overcash, Humenik & Miner [32] ilustraram dois diferentes modelos desta centrífuga, sendo um deles para separar fases de dejetos com baixa

concentração de sólidos (figura 2.22 a) e outro para separar fases de dejetos com alta concentração de sólidos (figura 2.22 b).

Conforme Brennan [45], no primeiro modelo (figura 2.22 a) um cilindro raso, em forma de bacia, roda num recipiente estacionário. Este cilindro é tracionado pela parte inferior. O material (dejeito) a ser separado é introduzido no topo da centrífuga e conduzido à base do cilindro. Este cilindro contém discos que rodam junto e estão locados um abaixo do outro, com um espaço fixo entre eles. Os discos possuem um os mais orifícios que formam canais onde o material flui entre eles. A ação dos discos perfurados proporciona uma alta eficiência de separação de sólidos. Pela influência da força centrífuga o sólido flui descendente pelas face inferior dos discos e desloca-se ascendentemente pelas paredes do cilindro. O líquido flui ascendentemente pela face superior dos discos e pela parte central do cilindro. A velocidade de rotação chega à 6.400 rpm.

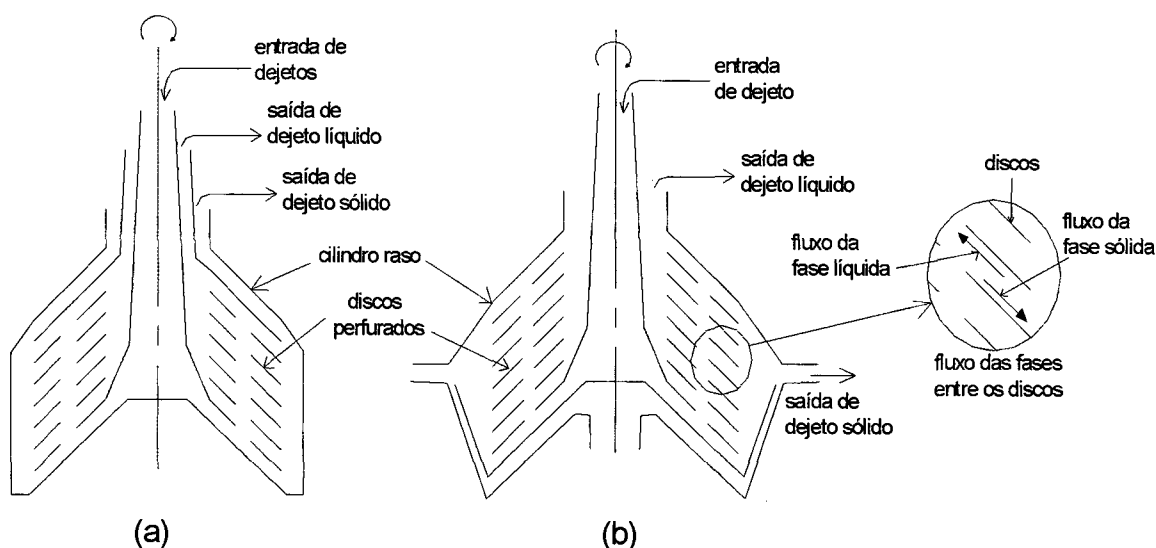


Figura 2.22 – Centrífuga vertical à disco: a) para baixa concentração de sólidos; b) para alta concentração de sólidos [32].

Ainda o mesmo autor descreve o funcionamento do segundo modelo (figura 2.22 b), para separar material com alta concentração de sólidos. A diferença do primeiro modelo é que o cilindro do segundo é de formato bicônico e os orifícios para a saída do sólido são locados no maior diâmetro deste cilindro. Aqui o sólido removido é descarregado continuamente. Materiais com mais de 24 % de sólidos podem ser separados nesta centrífuga.

Na figura 2.23 é ilustrado as características funcionais destas duas primeiras centrífugas, que diferem das estruturas dos outros separadores mencionados anteriormente, pela produção de movimento centrífugo. A centrifugação faz a separação

do líquido livre do dejetos e parte do líquido impregnado no sólido (desidratação), numa única operação, sem comprometer a boa eficiência.

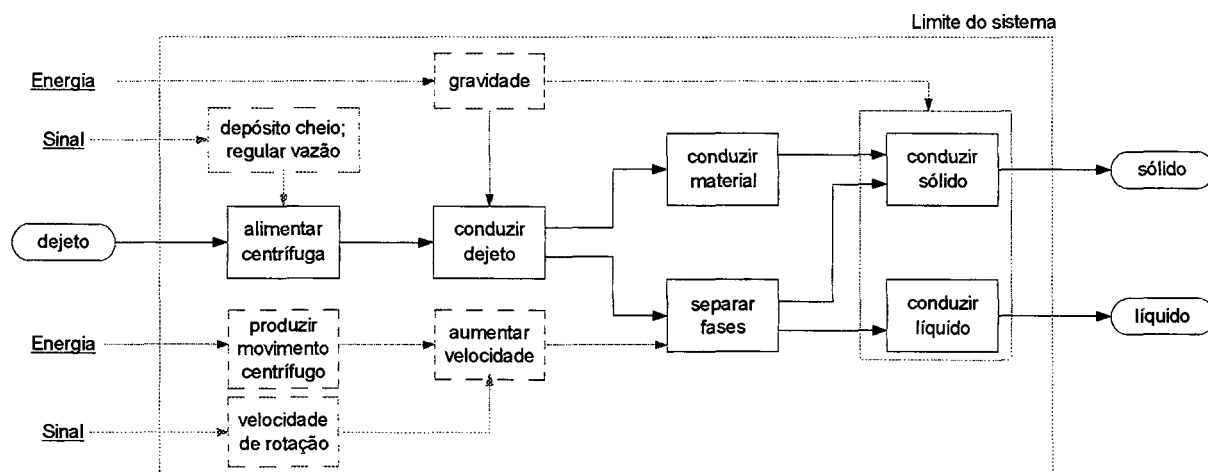


Figura 2.23 – Estrutura de função de uma centrífuga *decanter* e centrífuga à disco.

C.3) Centrífuga horizontal de peneira cônica

Já uma outra centrífuga, um decantador de alta velocidade, é descrita por ASAE [33] e ilustrado por Overcash, Humenik e Miner [32], sendo composta por uma peneira, em forma de uma taça de formato cônico, disposta horizontalmente (vide figura 2.24). As forças centrífugas fazem com que os sólidos densos migrem ao exterior da taça, onde são coletados. O líquido, menos denso, é forçado através dos crivos da peneira, coletado e conduzido para fora do equipamento por tubulação.

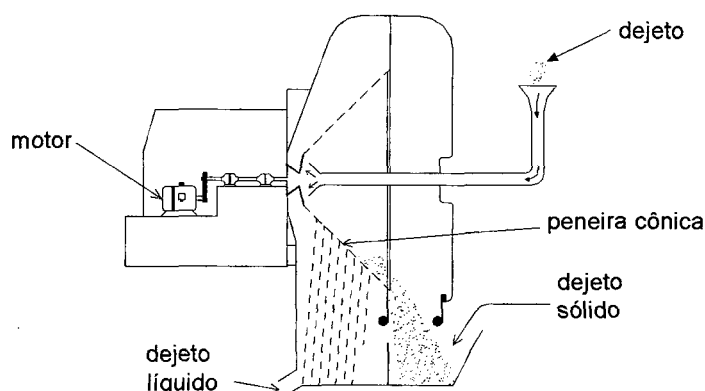


Figura 2.24 – Esquema de funcionamento de uma centrífuga horizontal de peneira cônica [32].

Os autores Overcash, Humenik & Miner [32] destacaram que, com uma peneira de 0,03 mm de abertura de crivo, foi possível obter uma eficiência de 55 % de remoção de sólidos de dejetos suínos. Mas peneiras com aberturas de crivos muito pequenas acarretam em elevados custos de fabricação.

A estrutura de função deste equipamento (figura 2.25) apenas difere das centrífugas anteriores na função separação de fases, que, neste caso, é feito por uma peneira (peneirar dejetos) que trabalha à alta velocidade de rotação.

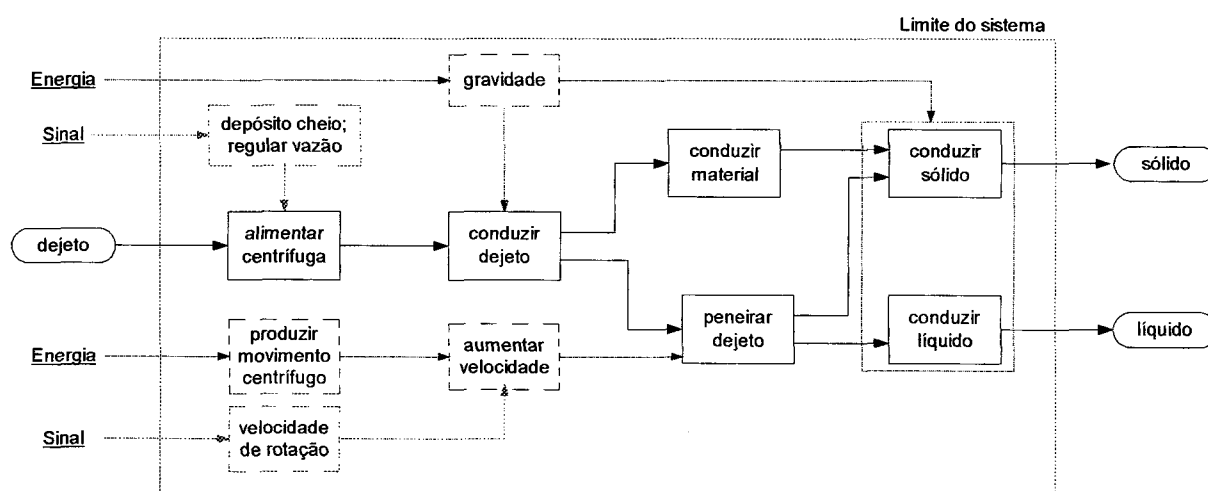


Figura 2.25 – Estrutura de função de uma centrífuga horizontal de peneira cônica.

C.4) Centrífuga vertical com peneira cônica rotativa

Descrito por Merkel [34], este equipamento é eficiente para a remoção de partículas maiores de dejetos animais. Neste equipamento (ilustrado na figura 2.26) o sólido é direcionado à base da peneira pelo fluxo do dejeito que entra no topo da mesma, e o líquido passa através dos crivos da peneira. Perto da base da peneira a gravidade e as forças centrífugas direcionam o sólido para fora desta. O líquido é direcionado à base do equipamento, no interior do cone, onde é coletado por tubulação.

Os cones formam um ângulo de 45 graus com o plano horizontal e o diâmetro maior varia entre 56 e 122 cm. A velocidade periférica do diâmetro externo do cone é de 51 m/s. Os testes indicaram que, para melhor eficiência de separação recomenda-se entrada de 36 à 85 m³ de dejetos/hora/m² de superfície de peneira [34].

Ainda o mesmo autor afirma que a eficiência de remoção de sólidos aumenta com o aumento do diâmetro do cone e com a diminuição da concentração de sólidos do dejetos e da vazão de entrada.

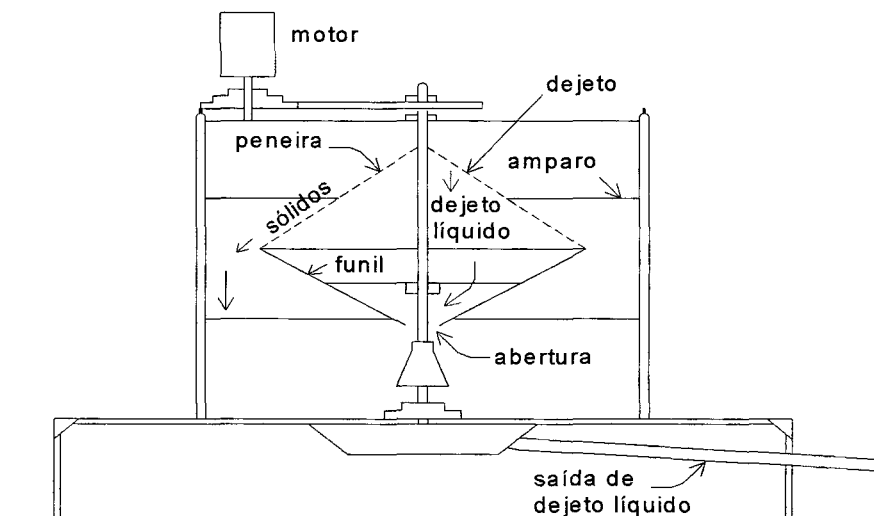


Figura 2.26 – Esquema de funcionamento de uma centrífuga vertical com peneira cônica rotativa [34].

Este equipamento, por trabalhar com baixa velocidade angular, reduz o problema de consumo de elevada energia para centrifugação e o formato cônico da peneira, associado à rotação, diminui problemas de entupimento.

Nesta centrífuga, em relação às anteriores, não ocorre a função condução de dejetos (vide figura 2.27) antes da função peneirar, pois o material é alimentado diretamente sobre a peneira. A função auxiliar aumentar velocidade é substituída por regular velocidade, pois a peneira trabalha com velocidade de rotação menor.

C.5) Centrífuga vertical hidrociclone

Uma das centrífugas mais conhecidas, de simples confecção, é o hidrociclone que, conforme Weller & Willetts [44], consiste num cone montado verticalmente que funciona com alta rotação (esquematisado na figura 2.28). O dejetos é ejetado tangencialmente no topo do cone e locomove-se num sentido espiral do ápice à base. O sólido é descarregado por um bocal na base e o líquido é drenado ascendente no bocal interno. Este equipamento tem custos menores que as outras centrífugas, mas sua eficiência de separação também é menor.

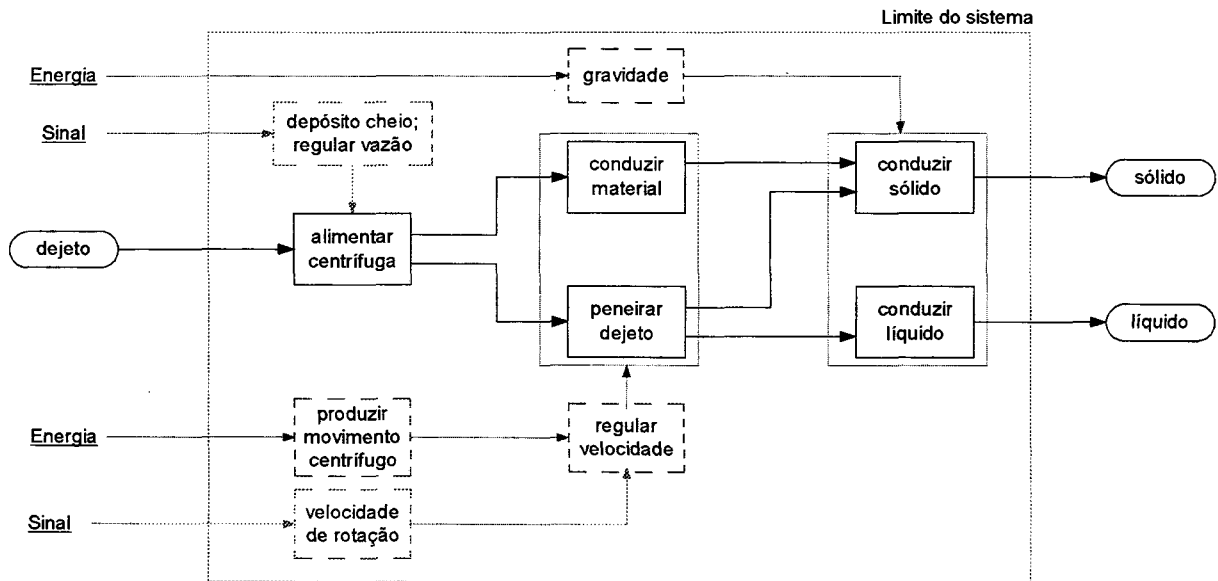


Figura 2.27 – Estrutura de função de uma centrífuga vertical com peneira cônica rotativa.

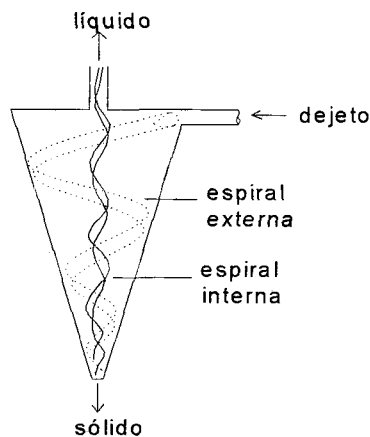


Figura 2.28 – Esquema de funcionamento de um hidrociclone [32].

A estrutura funcional do hidrociclone (figura 2.29) difere da centrífuga anterior na função auxiliar aumento de velocidade, pois trabalha com alta rotação.

Na tabela 2.2 tem-se um resumo de algumas propriedades conhecidas dos separadores de fases listados anteriormente, onde é possível comparar os pontos negativos e positivos de cada um.

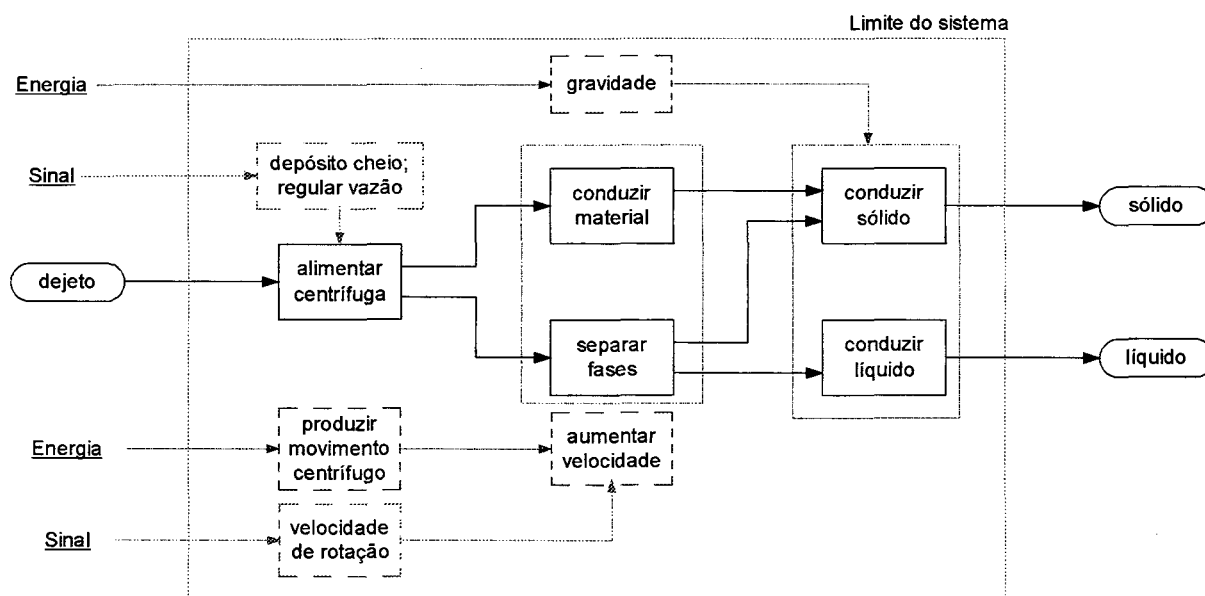


Figura 2.29 – Estrutura de função de uma centrífuga hidrociclone.

Tabela 2.2 – Comparação entre os diferentes tipos de separadores de dejetos animais

Separadores	Capacidade separação (m ³ /hora)	Eficiência separação (%) ⁽¹⁾	Potência requerida (kW)	Umidade do sólido sep. (%) ⁽²⁾	Preço de Aquisição (R\$)
Decantador de palheta	-	48 - 68 ⁽³⁾	-	>80	120-130,00/m ²
Peneira estática	-	20 - 30 ⁽³⁾	-	>80	-
Peneira vibratória	-	33 - 40 ⁽³⁾	-	>80	-
Peneira rotativa	-	30 ⁽³⁾	-	>80	-
Peneira rotativa com roletes	40 ⁽³⁾	30 ⁽³⁾	1,5	70 - 75	14.000,00
Cilindro suspenso rotativo	1 - 10 ⁽³⁾	10 - 54 ⁽⁴⁾	-	>80	-
Peneira côncava de dois estágios com roletes	26 - 54	-	0,75 - 1,1	-	-
Tela com roletes	5 - 6 ⁽³⁾	-	-	70 - 75 ⁽³⁾	-
Prensa com pistão anular de dupla ação	10 ⁽⁴⁾	25,6 ⁽⁴⁾	-	72,4 ⁽⁴⁾	-
Prensa de peneira com fuso	45	50	3,7 - 4,15	70	4 - 25.000,00
Filtro à vácuo rotativo	-	30 - 53 ⁽³⁾	-	-	-
Centrífuga <i>Decanter</i>	8 - 12 ⁽³⁾	71 ⁽³⁾	-	71,7 ⁽³⁾	90.000,00
Centrífuga horizontal de peneira cônica	-	55 ⁽³⁾	-	-	-
Centrífuga vertical à disco	-	-	-	-	-
Centrífuga vertical com peneira cônica rotativa	36 - 85/m ²	-	-	-	-
Hidrociclone	-	-	-	-	-

(1) - Sólido total separado/sólido total do dejeito - depende principalmente das características do dejeito, da abertura dos crivos das peneiras e da velocidade de rotação do equipamento;

(2) - Umidade do sólido separado pelo processo;

(3) - Dejeito suíno;

(4) - Dejeito bovino.

2.2.1.2 Desidratação

Este processo reduz para 10 – 15 % o teor de umidade do dejetos, o que elimina odores, facilita o armazenamento, o transporte, o uso como fertilizante e como complemento alimentar de outros animais e até como combustíveis para caldeiras [04].

A desidratação dos dejetos pode ser feita de diversas formas, conforme Esmay [47]:

- desidratação natural por locomoção de ar (ventos);
- desidratação com ar forçado por ventilação controlada mecanicamente;
- desidratação de ar com aquecimento por meio de desidratadores mecânicos e utilizando recursos de calor como o óleo, gás natural ou liquefeito, material de biomassa, madeira, radiação solar e carvão.

A desidratação por ar forçado e por aquecimento não são viáveis devido aos altos custos de energia para secagem e dos equipamentos. Deve-se considerar que grande parte do nitrogênio pode ser perdido por volatilização. A desidratação exige, também, a necessidade de separação física inicial do dejetos (sólido com baixa umidade consome menos energia para sua desidratação).

A secagem natural, uma forma mais barata, é muito morosa e praticamente inviável em locais com elevada umidade do ar.

2.2.2 Tratamento biológico

Neste tratamento ocorre a degradação biológica (decomposição em partículas mais simples e estáveis) do dejetos por microrganismos aeróbios e anaeróbios. A ação dos organismos ocorre em dejetos com características sólidas (material com menos de 85 % de umidade) e em dejetos fluídos (com mais de 85 % de umidade).

Em dejetos com menos de 85 % de umidade é possível fazer tratamento biológico utilizando os processos de compostagem e ensilagem, enquanto em dejetos fluídos pode-se executar os processos de lagoas de estabilização, esterqueiras, bioesterqueiras e biodigestores. Aqui pode-se utilizar mais de um processo, em sequência, como a utilização de biodigestores seguido de lagoas de estabilização. A seguir será dada uma breve descrição de cada processo individualmente.

2.2.2.1 Compostagem

Na compostagem os microrganismos aeróbios, presentes no dejetos, degradam os compostos orgânicos. A maximização da decomposição ocorre com umidade do dejetos sólido entre 40 e 60 % [16]. Neste processo gera-se calor, podendo atingir até 71 °C, que destrói os patógenos e sementes de ervas daninhas presentes. O processo pode durar 30 dias ou mais.

Geralmente é utilizado dejetos sólido com restos de culturas, palhadas, maravalhas e terra, dispostos em camadas, para formar o composto, proporcionando aeração e temperatura adequadas aos microrganismos. É comum o revolvimento semanal do composto para melhorar a aeração, e a consequente atividade microbiana.

Conforme Oliveira [04], a formação de um bom composto depende da temperatura, umidade, aeração, pH, tipo de composto orgânico, sua concentração e tipos de nutrientes disponíveis.

O dejetos com umidade ideal para compostagem (entre 40 e 60 %) somente é obtido através do processo de separação física das fases. Isto destaca mais uma vez a importância do processo de separação para o tratamento de dejetos.

A formação de compostos trás as seguintes vantagens: matéria orgânica estável e isenta de maus odores; produto livre de patógenos e sementes de ervas daninhas; produto com cerca de 1 à 2 % de N, 0,5 à 1 % de P e 0,5 à 1 % de K [04], além de cálcio, magnésio e micronutrientes e útil como elemento melhorador das condições do solo.

Como desvantagens do processo temos os custos elevados em mão-de-obra, equipamentos, manejo e necessidade de estrutura para comercialização.

2.2.2.2 Lagoas de estabilização

As lagoas são estruturas cavadas no solo, construídas e operadas para estocagem e/ou tratamento (degradação biológica dos compostos orgânicos) de dejetos animais e efluentes agroindustriais. Elas, normalmente, requerem grandes extensões de áreas, visto que as mesmas devem ser preenchidas, até 50 %, com água limpa antes de entrar o dejetos.

No interior de uma lagoa estabelece-se um ciclo, onde as algas sintetizam a matéria orgânica, liberando o oxigênio no meio ambiente, e as bactérias alimentam-se da matéria orgânica dos dejetos, utilizando-se deste oxigênio para sua respiração e liberando o gás carbônico necessário à fotossíntese das primeiras. Estas transformações biológicas

determinam o tipo de lagoa. Segundo Fernandes & Oliveira [16], estas lagoas podem ser classificadas em aeróbias, anaeróbias e facultativas.

Nas lagoas aeróbias as transformações biológicas ocorrem na presença de oxigênio. Estas lagoas podem ser aeradas mecanicamente, mas, se o sistema não funcionar corretamente ou a quantidade de dejetos armazenado for superior a capacidade planejada, poderá ocorrer problemas de maus odores [48]. Um tempo de retenção de 2 a 10 dias pode reduzir mais de 60 % da DBO do dejetos [04].

As lagoas facultativas possuem uma zona de aerobiose na superfície, uma zona facultativa na porção central e anaerobiose no fundo. Com isto tem-se as vantagens das lagoas aeróbias e anaeróbias. Se for utilizada eficientemente, estas lagoas podem reduzir de 85 à 95 % da DBO [04].

Nas lagoas anaeróbias as transformações biológicas ocorrem na ausência de oxigênio. São lagoas mais profundas e, normalmente, ocupam menores áreas. Reduzem a DBO entre 50 e 80 % e até 90 % dos sólidos suspensos são removidos [16]. Se planejadas inadequadamente, estas lagoas também tem provocado problemas de maus odores [48].

Para o tratamento de dejetos com sucessivas lagoas, a separação de fases num estágio anterior é necessário, para diminuir a carga orgânica e, conseqüentemente, diminuir a área ocupada pelas lagoas. No caso de sucessivas lagoas, o dejetos líquido passa de uma lagoa para outra, num tratamento progressivo de clarificação. Geralmente a primeira lagoa é anaeróbia. No período do verão, as atividades biológicas nas lagoas são maiores, conseqüentemente, o tratamento é mais eficiente [44]. Quanto mais lagoas se tem e maior o tempo de retenção de cada lagoa, maior eficiência no tratamento é esperada, mas o dejetos, após passar pelas lagoas, ainda tem poder poluente e não se recomenda descarrega-lo diretamente em córregos e rios.

2.2.2.3 Esterqueiras convencionais

Nas pequenas propriedades de Santa Catarina, com até 60 matrizes (aproximadamente 600 cabeças de suínos), predominam o uso de esterqueiras e bioesterqueiras como tratamento e armazenamento do dejetos suíno [16].

As esterqueiras são escavadas diretamente no solo, constituídas de um ou mais compartimentos e podem ser revestidas ou não. A figura 2.30 ilustra uma esterqueira de um compartimento, revestida com manta plástica. No caso de dois compartimentos, enquanto um vai sendo preenchido com dejetos, no outro, já cheio, ocorre a degradação biológica do material [16].

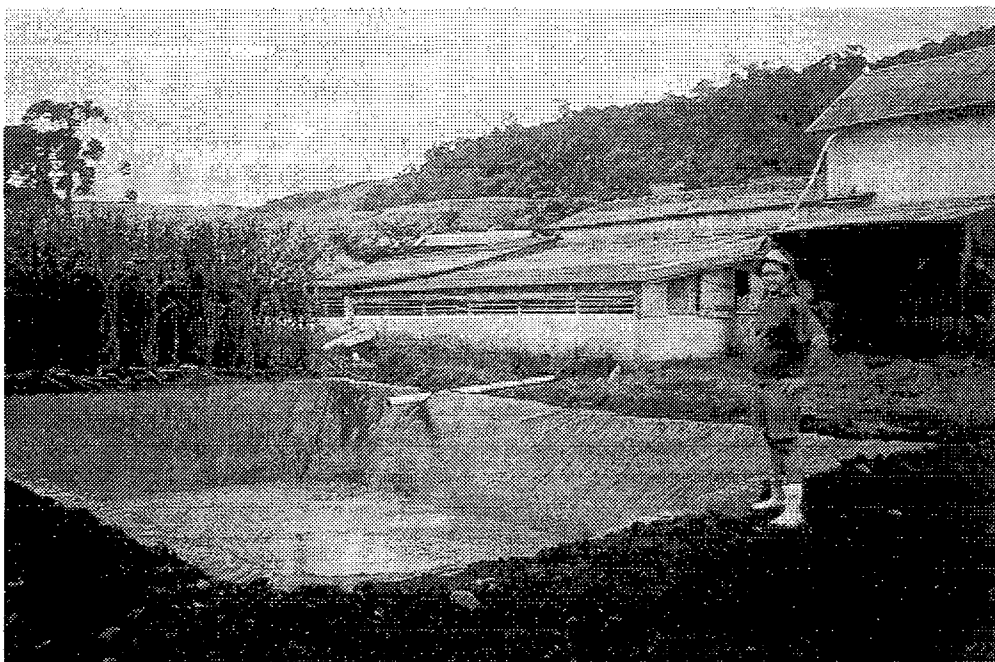


Figura 2.30 – Esterqueira convencional revestida com manta plástica [19].

As esterqueiras normalmente são de formato retangular pela facilidade de construção, mas são mais susceptíveis à rachaduras (nos cantos ocorre maior pressão). O formato circular, apesar de pouco utilizado, tem a vantagem de proporcionar melhor distribuição das cargas nas suas paredes laterais. Elas podem ser enterradas, semi-enterradas ou superficiais, sendo que as duas primeiras facilitam alimentação por gravidade e a última é de mais fácil construção.

Para ocorrer fermentação (eliminação de organismos patogênicos), o dejetos deve permanecer na esterqueira por 4 à 6 meses, sendo reabastecido diariamente e retirado de uma só vez para aplicar na lavoura [20].

Neste tratamento não ocorre separação de fases e o dejetos fica mais concentrado, exigindo maiores áreas de lavoura para sua disposição final como fertilizante.

2.2.2.4 Bioesterqueiras

A bioesterqueira consiste numa adaptação da esterqueira convencional para melhorar a eficiência no tratamento do dejetos, através do aumento do tempo de retenção do mesmo. Esta construção é composta por uma câmara de fermentação e um depósito (vide figura 2.31). A câmara tem uma profundidade mínima de 2,5 metros, possibilitando menor variação da temperatura (ideal entre 30 e 37 °C), e relação largura-comprimento de 3:1.

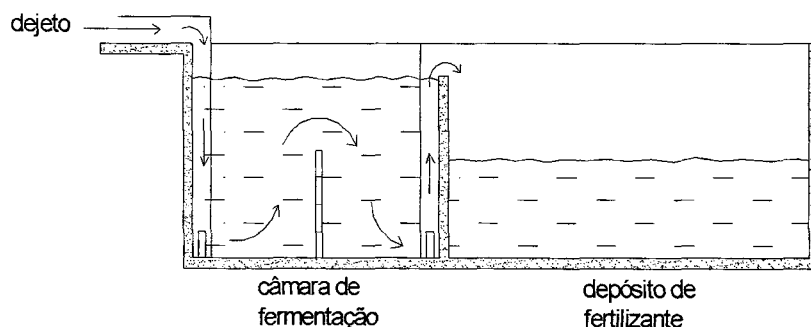


Figura 2.31 – Esquema de uma bioesterqueira [04].

Na câmara de fermentação o dejeito é retido por, no mínimo, 45 dias e depois vai para o depósito [20]. O depósito é dimensionado para uma estocagem de, no mínimo, 90 à 120 dias [16]. O material utilizado para adubação das lavouras é o do depósito.

A bioesterqueira pode ser construída de diferentes materiais, como tijolos, blocos de cimento ou pedras, com diferentes formas, que seguem a recomendação das esterqueiras convencionais.

Na bioesterqueira ocorre a fermentação anaeróbia como forma de tratamento dos dejetos. Este processo reduz a carga orgânica do dejeito, permitindo o uso racional do mesmo e viabilizando a aplicação de grandes quantidades na lavoura. Ocorre também a redução do mau cheiro, menor proliferação de moscas e possibilita a utilização de biodigestores (produção de gás natural) [16].

2.2.2.5 Biodigestores

Neste tratamento é aproveitado o biogás (gás metano) liberado pela atividade de fermentação anaeróbia do dejeito, conforme esquematizado na figura 2.32. Utilizando-se de um tempo de fermentação de 30 à 40 dias, consegue-se reduzir entre 30 e 90 % do potencial poluidor e mais de 90 % da contaminação do dejeito. Os dejetos de cada suíno em terminação possuem potencial energético de $0,21 \text{ m}^3$ (1.300 kcal)/dia [26]. Conforme Oliveira [04], 1 m^3 de dejeito produz em torno de $0,5 \text{ m}^3$ de biogás (equivalente energético de 0,33 litros de diesel ou 0,75 litros de gasolina).

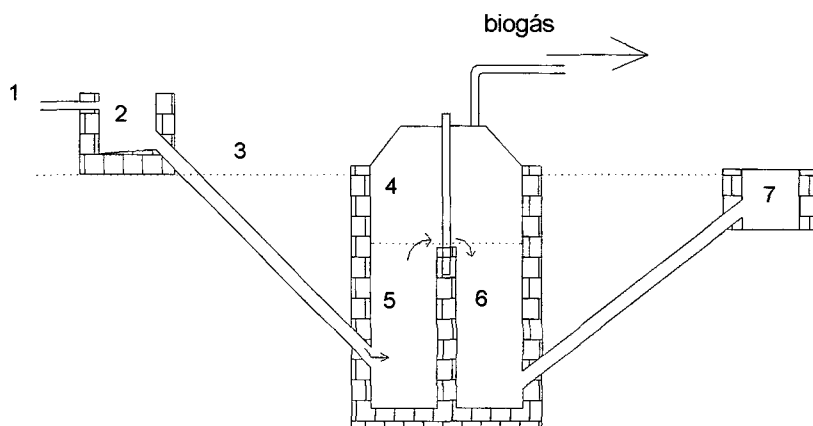


Figura 2.32 – Desenho esquemático mostrando o funcionamento de um biodigestor, onde:

- 1 - entrada do dejetos; 2 - tanque de alimentação; 3 - nível do solo; 4 - campânula (coleta o gás liberado pela fermentação do dejetos); 5 e 6 - subcâmaras de fermentação; 7 - tanque de descarga [18].

O biogás trás benefícios econômicos para a comunidade, principalmente se a disponibilidade de energia elétrica for baixa e/ou o seu custo for alto.

Por possibilitar alta concentração de matéria orgânica após tratamento, este sistema requer um tratamento adicional. Outra limitação é que só pode ser utilizado dejetos com menos de 8 à 10 % de sólidos totais, para evitar entupimento do sistema [05].

2.2.2.6 Ensilagem

Consiste em um tratamento do dejetos sólido, onde ocorre a fermentação anaeróbia do material. A ensilagem mais comum é feita cobrindo o sólido separado do dejetos com uma lona plástica por até duas semanas. Também pode ser feito pela adição de dejetos sólidos à vegetais (milho, sorgo e/ou outros) que são ensilados, para complementação da alimentação bovina no inverno. A fermentação que ocorre na ensilagem do dejetos elimina bactérias patogênicas, reduzindo o risco de sua transmissão. Todo tipo de dejetos tem boa capacidade de ensilagem, devido as suas características de fermentação [49]. A ensilagem torna o dejetos mais palatável, em se tratando de fornecê-lo como alimento à outros animais, diminui perdas de N por volatilização e aumenta o teor de proteínas devido à ações microbianas [35].

2.3 TENDÊNCIAS FUTURAS

A perspectiva para um período entre 5 a 10 anos é a redução do número de suinocultores catarinenses para um total de 10 mil, ou no máximo 15 mil [12]. Isto ocasionará um agravamento ainda maior no processo de exclusão de agricultores do campo, e um consequente aumento dos problemas sócio-econômicos. Muitos agricultores estão buscando atividades alternativas à suinocultura, por não encontrarem nesta atividade o sustento para suas famílias.

Para os suinocultores que permanecerão no ramo será requerido um elevado padrão de tecnificação de produção, a fim de se produzir carne de elevada qualidade com mínimos de custos. Os baixos custos e alta qualidade são características fundamentais para qualquer produto conquistar e manter o mercado numa economia globalizada.

A EMBRAPA-CNPSA/EPAGRI [21] citam algumas soluções futuras para fixar o suinocultor catarinense em sua atividade:

- criação de linhas especiais de crédito de investimento;
- organização de estruturas comunitárias;
- pesquisas buscando alternativas para a captação, tratamento e utilização dos dejetos;
- unidades de suinocultura demonstrativas e
- treinamento e cursos aos suinocultores.

A inclusão de rendimentos adicionais, através de tecnologias que permitam interligar a suinocultura à outras atividades agrícolas, são o segredo de sucesso atual de algumas propriedades. Isto também é a tendência de muitas suinoculturas familiares, onde esta interligação proporcionará diluição de custos de produção, economia de insumos, maior proteção ambiental e a garantia da sua sobrevivência para o futuro.

Também se observa a união entre suinocultores, cooperativas, prefeituras, agroindústrias e serviços de pesquisa e extensão, buscando intensificar as forças para enfrentar as grandes mudanças econômicas e tecnológicas.

Num futuro próximo, produtores terão que possuir um licenciamento ambiental para produzir suínos e precisarão mostrar que tem projetos para implantação de tratamento de dejetos para conseguir este licenciamento. As menores granjas sofrerão apenas fiscalização, enquanto as maiores precisarão de licenciamento. Na primeira constatação de operação sem tratamento de dejetos, a granja de suínos sofrerá uma advertência, na segunda, uma multa e na terceira sua exploração será interditada [18].

O autor Stegemann [19] observou que a EPAGRI está orientando os suinocultores para adaptar suas criações conforme sua capacidade de tratamento e

aproveitamento econômico dos dejetos gerados. Neste caso o tamanho do rebanho suíno, na propriedade, ficará limitado pela área disponível para aplicar o dejetos, sem que haja contaminação do solo, e por outros usos, como alimentação de outros animais e reutilização do dejetos líquido tratado.

Os técnicos e extensionistas catarinenses, ligados à área de suinocultura, estão orientando os produtores à utilizarem pouca água no manejo dos dejetos, diminuindo, assim, o volume final do mesmo e barateando seu tratamento.

O uso de ração umedecida ou líquida (alimentação líquida computadorizada), novos tipos de comedouros e diminuição na quantidade de ração fornecida aos suínos (melhoria na conversão alimentar) são técnicas já presente em países mais desenvolvidos, e está em expansão no Brasil. Estas técnicas visam, entre outros aspectos, a diminuição do desperdício de ração. Isto resulta em menor qualidade nutricional do dejetos suíno, o que restringe o seu uso para alimentação de outros animais.

Com relação ao futuro dos equipamentos de separação de dejetos, no Oeste Catarinense, verifica-se a aquisição crescente de separadores por grandes granjas suinícolas. A maioria dos pequenos suinocultores ainda não conhecem a tecnologia. Os que conhecem não tem acesso à mesma devido aos seus altos custos atuais.

A construção de esterqueiras convencionais está encontrando cada vez mais adeptos no Oeste Catarinense. Atualmente, cerca de 50 % dos suinocultores integrados às agroindústrias já possuem esterqueiras e a meta destas é para que chegue perto dos 100 % ainda neste século. As esterqueiras são construídas com o objetivo apenas de armazenamento dos dejetos, para posterior distribuição na lavoura. Mas, por falta de áreas ou de equipamentos para distribuição, o que se observa é que muitas esterqueiras estão transbordando, não resolvendo o problema de poluição ambiental.

2.4 CONCLUSÃO

“Toda ação visando evitar danos ao meio ambiente, ocasionados pela carga poluente dos dejetos, contribuirá para eliminar a contaminação das águas superficiais, para reduzir significativamente a poluição dos córregos e rios e para evitar o êxodo rural dos suinocultores, que tem causado graves problemas sociais nas cidades” [21].

Os equipamentos separadores das fases do dejetos têm a vantagem de serem tratamentos que não necessitam de grandes áreas, o que não acontece com o uso de decantadores. Esta vantagem se destaca quando se tem rebanhos de suínos

numerosos. A separação de fases também diminui o tempo do tratamento (fermentação) da parte líquida resultante, pois a mesma contém menor carga orgânica.

A decantação física (uso de decantadores), apesar de apresentar boa eficiência de separação, proporciona um sólido separado com elevada umidade (aspecto pastoso), o que dificulta o seu posterior manejo. A decantação com adição de produtos químicos requer elevados custos e pode provocar problemas ambientais, devido ao acúmulo de metais nos mananciais de água.

O tratamento por peneiramento do dejetos apresenta problemas em sua operação, que são causados pela fina camada de sólidos que se forma sobre a peneira, requerendo limpeza periódica.

O problema de acúmulo de sólido fino na peneira (tela) não ocorre nos separadores com rosca-sem-fim (o sólido é carregado para a boca de saída do equipamento) e nos separadores por centrifugação. O maior problema destas tecnologias está no custo de aquisição, que, na maioria, não saem por menos de 10 mil reais e nos custos de operação e manutenção, o que torna totalmente inviável para a maioria dos suinocultores catarinenses. O elevado custo do equipamento se deve, principalmente, à importação, aos altos custos do material empregado (partes internas de aço inoxidável) e à falta de concorrência.

A prensa de peneira com fuso da marca FAN, atende bem a maioria dos requisitos técnicos de projeto, mas sua limitação é seu elevado custo. Mais estudos sobre este princípio de funcionamento precisam ser feitos, a fim de baratear seu custo de aquisição, operação e manutenção. O uso de materiais alternativos mais baratos, sem que haja comprometimento do desempenho técnico do equipamento e a fabricação em série, no Brasil, são requisitos essenciais para o barateamento do produto. As versões nacionais existentes ainda não conseguiram atingir estes requisitos pois apresentam muitos problemas mecânicos e baixa eficiência de separação.

Outros dois equipamentos existentes que parecem ser promissores são a peneira rotativa com roletes e a peneira côncava de 2 estágios com roletes. Eles são projetos de simples fabricação e montagem, o que podem resultar em produtos de baixo custo de aquisição. A utilização de peneiras com abertura de crivos menores podem proporcionar boa eficiência de separação.

Na maioria dos separadores existentes no mercado nacional ocorre o bombeamento do dejetos do depósito à entrada do primeiro. A aquisição de bombas torna-se uma despesa a mais, que pode ser evitada se o dejetos pudesse ser deslocado do depósito ao equipamento por gravidade, aproveitando o desnível de terreno (comum na maioria das propriedades agrícolas catarinenses).

A possibilidade de instalação dos separadores em unidades móveis, para facilitar a utilização dos mesmos por grupos de suinocultores, também não está sendo considerado pela maioria dos fabricantes.

Outro fator negativo observado em todos os separadores que requerem motores, é que estes últimos são todos elétricos, não oferecendo flexibilidade para utilização de outra fonte de energia. No interior de Santa Catarina, motores elétricos, principalmente os que exigem maior potência, podem ter seus usos limitados, devido a precariedade das instalações elétricas locais e a distância entre a fonte de energia e o depósito de dejetos.

De uma maneira geral muitos separadores existentes podem evoluir para um produto de baixo custo e bom desempenho técnico. O que precisa ser feito é um estudo mais detalhado visando sanar as deficiências destes. O projeto em questão - "Desenvolvimento de um Protótipo de Separador de Sólidos de Dejetos Animais para Pequenos Produtores" - tem como objetivo, na etapa de projeto conceitual, comparar os vários princípios de funcionamento existentes a fim de escolher uma concepção que apresente a combinação de baixo custo com desempenho técnico satisfatório.

CAPÍTULO III

ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

- DEFINIÇÃO DE REQUISITOS -

3.1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é a identificação dos requisitos de qualidade e elaboração das especificações de projeto, que são o ponto de início de qualquer projeto. Primeiramente é abordado a identificação dos diferentes clientes que estão envolvidos direta ou indiretamente com o projeto.

Entre os clientes envolvidos diretamente tem-se os internos (projetistas, fabricantes e montadores), os intermediários (vendedores, assistência técnica e transportadores) e a maioria dos clientes externos, que são os suinocultores, prefeituras, cooperativas, agroindústrias e instituições de pesquisa, considerados consumidores do produto. Também tem-se os clientes externos envolvidos indiretamente com o produto, como as empresas de abastecimento de água e a comunidade, que de alguma forma se beneficiarão com o projeto.

Numa segunda etapa é feito um estudo de parâmetros úteis a este projeto. Parâmetros estes que, além de influenciar o projeto, trazem subsídios para o levantamento das necessidades dos clientes e requisitos de qualidade.

Na etapa seguinte são definidas as necessidades dos clientes com relação ao equipamento e os critérios (meios – questionário, consultas à bibliografias, *brainstorming*, etc) usados para a obtenção destas. Também, neste item é feito uma valoração destas necessidades, com o objetivo de identificar quais são as mais importantes para o projeto.

Posteriormente é definido os requisitos de qualidade e a construção da casa da qualidade onde se obtém, comparando estes requisitos com as necessidades, a classificação dos requisitos por ordem de importância.

Por fim é elaborada uma tabela com as especificações de projeto reunindo um conjunto de informações sobre cada requisito, seguindo a ordem de importância deste último.

3.2 PERFIS DOS CLIENTES E MERCADO POTENCIAL

3.2.1 Suinocultor

O desenvolvimento do protótipo do separador de sólidos de dejetos animais visa o suinocultor como principal cliente externo ou consumidor, pois é o dejetos animal produzido pela suinocultura que está causando os maiores problemas ambientais no Estado de Santa Catarina e também em outros estados.

Conforme Scherer, Aita e Baldissera [28], em pesquisa realizada em 1994, em 8 municípios representativos do Oeste Catarinense, foi possível dividir os suinocultores em 3 classes: pequenos (com menos de 100 cabeças de suínos) correspondendo à 42 % do total de produtores; médios (com 100 à 200 cabeças de suínos) com 35 % do total e os grandes (com mais de 200 cabeças de suínos) correspondendo aos 23 % restantes.

Levando-se em consideração que, em 1995, existiam cerca de 20 mil suinocultores na referida região [12], e considerando a divisão acima, pode-se deduzir que aproximadamente 15.400 (77 %) dos produtores são pequenos ou médios. Estes produtores, apesar de ainda não terem, individualmente, uma receita compatível com um investimento em um equipamento de separação de sólidos de dejetos (a margem de lucro, na atividade suinícola, muitas vezes não ultrapassa à 5 %), podem reunirem-se em grupos ou cooperativas e terem acesso à esta tecnologia, adquirindo um separador de sólidos de dejetos instalado em um sistema (unidade) móvel. Assim um único separador pode trabalhar em várias propriedades diferentes, através de um sistema de rodízio.

Dos 23 % dos suinocultores restantes (com mais de 200 cabeças de suínos em seu rebanho - totalizando algo em torno de 4.600 produtores), muitos tem potencial para serem clientes externos diretos do projeto. A exploração suinícola, destes produtores individualmente, gera receita compatível com investimentos em tecnologia de separação de sólidos de dejetos. No item de parâmetros econômicos, neste capítulo, será apresentado um cálculo de retorno econômico do processo de separação de fases de dejetos.

Outro ponto relevante é que a tendência para os próximos 5 à 10 anos, conforme Testa et al. [12], é a redução do número de suinocultores, em Santa Catarina, para 10 à 15 mil, sem que haja redução do rebanho suíno. Isto significa que o número de grandes suinocultores aumentará, ocasionando aumento (maior concentração) na produção de dejetos. E o mercado para separadores será ainda maior.

O projeto em questão também possibilitará que os suinocultores aumentem seus rebanhos, que, na maioria dos casos, é limitado atualmente pela falta de estrutura de tratamento e armazenamento dos dejetos.

3.2.2 Prefeituras

As prefeituras também podem ser consideradas como clientes externos (consumidores) do projeto, pois podem adquirir um ou mais separadores, em unidades móveis, para atender um número maior de suinocultores, principalmente os de baixa renda.

Na Região Oeste Catarinense tem-se 99 municípios, reunidos em 6 associações [12], que enfrentam grandes dificuldades no abastecimento de água para a comunidade, devido à poluição das fontes por dejetos suínos. Isto faz com que estas prefeituras procurem alternativas para minimizar este problema que afeta a saúde da população. O separador, adaptado à um sistema móvel, é uma alternativa promissora para auxiliar na prevenção da poluição das fontes de água.

As prefeituras também têm interesse no aumento da produção de carne suína, trazendo maior desenvolvimento (empregos, impostos, indústrias) para o município. Isto só é possível se houver tratamento dos dejetos pelos suinocultores.

3.2.3 Agroindústrias e cooperativas

Como já discutido anteriormente, as granjas de suínos que possuem tratamento de dejetos terão condições de aumentar seu rebanho, aumentando também a matéria-prima para as agroindústrias e cooperativas. O tratamento do dejetos também contribui para diminuir os problemas sanitários do rebanho suinícola, o que reflete na maior qualidade da carne.

Estas instituições também têm interesse crescente na preservação do meio ambiente durante seus processos produtivos, a fim de conseguir certificações de qualidade ambiental, como a ISO 14.000, necessárias para ampliar o mercado consumidor nacional e internacional.

Como clientes externos, estas instituições podem adquirir diretamente o produto em unidades móveis, para atender seus integrados e/ou associados, ou disponibilizar recursos financeiros aos produtores para viabilizar a aquisição do separador.

3.2.4 Instituições de pesquisas

Empresas de pesquisa estaduais (como a EPAGRI), federais (como a EMBRAPA-CNPQ) e particulares têm interesse no produto como consumidores, para a sua instalação em centros de pesquisas e/ou em unidades demonstrativas, onde é feito treinamento de suinocultores e difusão de tecnologias. Estas instituições possuem grande interesse em preservar o meio ambiente e diminuir os problemas sanitários dos rebanhos suínos.

3.2.5 Empresas de abastecimento de água

As empresas de abastecimento de água não são clientes que irão comprar o produto, mas estão envolvidos indiretamente com o ciclo de vida deste. Fontes de água menos poluídas com dejetos suínos, possíveis através de tratamentos eficientes nas propriedades agrícolas, representam um menor custo no tratamento da água destinada ao abastecimento público.

3.2.6 Comunidade

A comunidade é afetada indiretamente pelo produto. A água de abastecimento público será de melhor qualidade, se os dejetos forem tratados, garantindo mais saúde para a população. Os vizinhos dos suinocultores também serão beneficiados pelo separador, que proporcionará redução do mau cheiro e da presença de moscas no local.

3.2.7 Clientes intermediários

Como clientes intermediários do projeto tem-se os vendedores, os transportadores e o pessoal da assistência técnica que fazem a ligação entre o consumidor (cliente externo) e o fabricante (cliente interno), e são influenciados pelas características do separador.

3.2.8 Clientes internos

Por fim, tem-se as empresas, que são os clientes internos responsáveis pelos setores de projeto, fabricação e montagem. No caso do pessoal do setor de

montagem e de fabricação, estes são afetados pelas características do equipamento projetado, tais como a quantidade e tamanho das peças.

3.3 PARÂMETROS DE PROJETO

Este estudo visa apresentar os parâmetros necessários para o projeto do separador de dejetos suínos, que servirão de subsídios para a definição das necessidades dos clientes e requisitos de projeto.

3.3.1 Parâmetros físicos do dejetos

São aspectos relacionados às características do material (dejetos) e sua influência nos parâmetros dimensionais e operacionais dos separadores.

Dentre as principais características físicas do dejetos animal tem-se a viscosidade, granulometria, densidade e idade.

A) Granulometria

O conhecimento das dimensões físicas das partículas dos sólidos do dejetos é pré-requisito para a definição do tamanho das aberturas de crivos das peneiras que irão compor o separador.

Na figura 3.1 tem-se a indicação da relação entre abertura de crivos de peneiras e a eficiência de separação de sólidos. Abaixo da abertura de 0,25 mm a percentagem de sólidos removidos é muito pouco menor que acima, não compensando utilizar crivos tão finos [32]. Também tem-se problemas de entupimento se usado este último.

Ainda em termos de granulometria, quanto maior o tamanho das partículas do dejetos, mais rápido a sedimentação e maior a retenção por peneiras [49], o que se consegue com dejetos mais frescos, que ainda não sofreram uma elevada degradação biológica. Dejetos velho, com muito tempo de armazenamento, tem granulometria muito fina devido à elevada degradação biológica, o que acaba diminuindo a eficiência de separação de sólidos por peneiras.

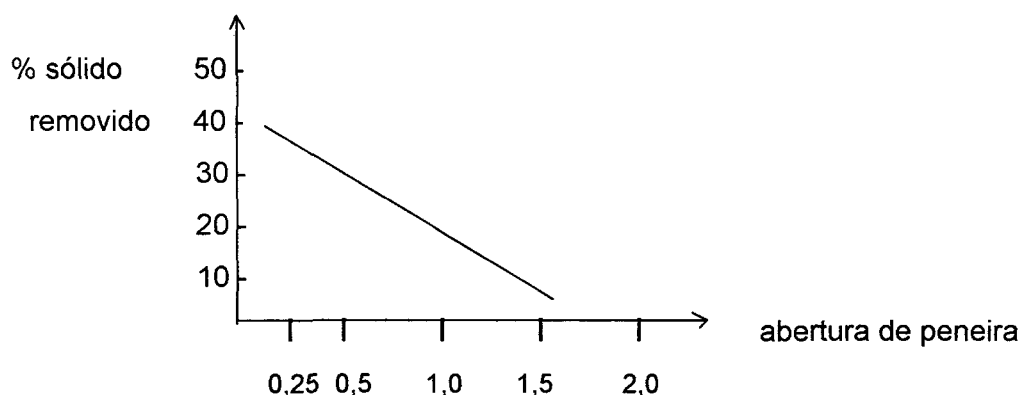


Figura 3.1 – Relação entre abertura de peneiras e a eficiência de remoção de sólidos [32].

B) Densidade

É uma característica importante quando se usa a força gravitacional para a separação das fases. Os sólidos, com densidade maior, tendem à sedimentar.

A densidade tem estreita relação com a quantidade de sólidos totais e consequentemente com a quantidade de nutrientes presentes no dejetos. Quanto maior a quantidade de sólidos totais maior a densidade (vide figura 3.2).

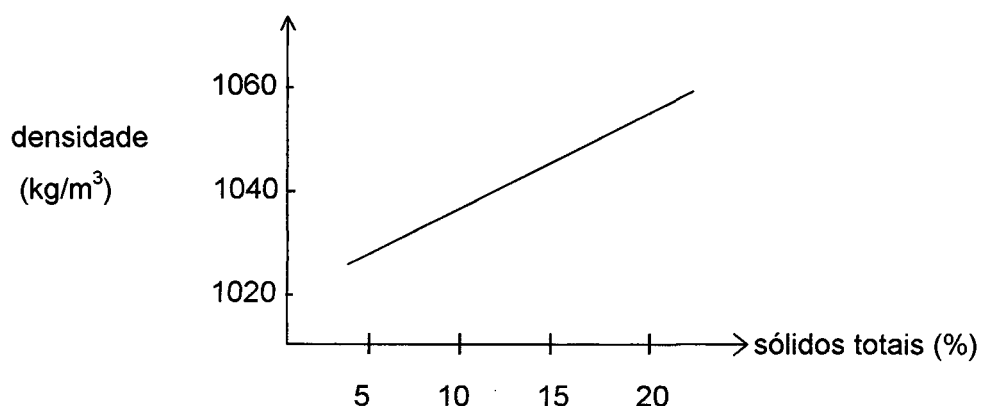


Figura 3.2 – Relação entre densidade e sólidos totais no dejetos suíno [50].

C) Viscosidade

Em dejetos com menor viscosidade a sedimentação e separação do sólido por peneira são facilitados. O dejetos quanto mais tempo armazenado maior é a

sua viscosidade, e tem dificuldade em passar em crivos de peneiras muito finos. A figura 3.3 mostra a relação entre a viscosidade e a concentração de sólidos totais no dejetos, mostrando que dejetos com maior concentração de sólidos possuem maior viscosidade.

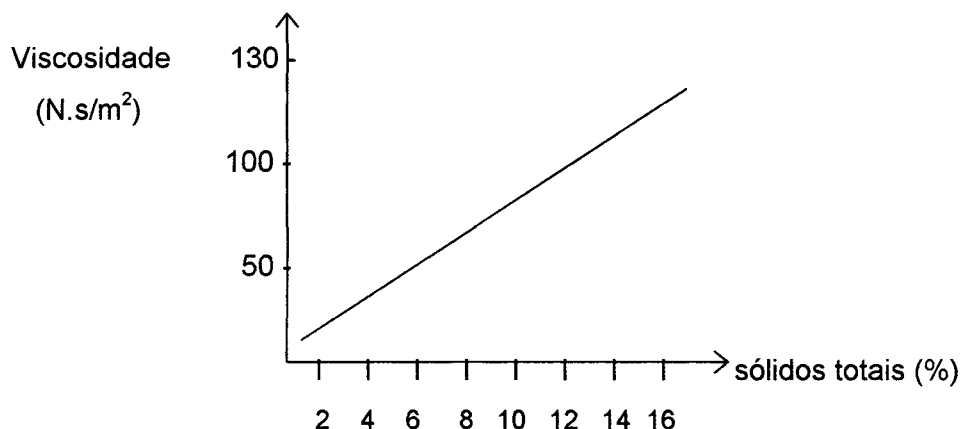


Figura 3.3 – Relação entre viscosidade e sólidos totais do dejetos de suínos [50].

D) Outros aspectos relevantes

Não existem dados no Brasil, conforme EPAGRI [10], sobre o diâmetro de partículas dos dejetos. Os dados sobre elasticidade e deformação dos dejetos, relevantes para o cálculo de forças para prensagem do dejetos, também não se encontram em bibliografia do gênero.

Os dejetos de outros animais apresentam características diferentes. O dejetos bovino é mais fibroso e tem tamanho de partículas sólidas maiores, devido à diferença na dieta alimentar e processo digestivo do animal.

3.3.2 Parâmetros do equipamento

A) Peso

Com relação ao separador o peso é um parâmetro relevante. Seu peso deve ser adequado ao transporte diário, em sistemas móveis, se for o caso. Em situações do equipamento ser construído em plataforma fixa, este deve ser leve para proporcionar menores investimentos na construção de plataformas de suporte.

B) Motor

A potência dos motores dos separadores existentes no mercado situam-se entre 1 e 5 kW. A utilização de motores com baixa potência é fundamental devido às condições precárias das instalações elétricas nas pequenas propriedades. Os motores com outras fontes de energia (gasolina, óleo diesel e outros) são uma outra alternativa para sanar este problema.

C) Peneira

Conforme estudos já discutidos anteriormente, ao se optar por peneiras em alguma etapa de separação de sólido do dejetos, vale ressaltar que abertura de crivos entre 0,25 e 0,50 mm são mais eficientes.

D) Velocidade de funcionamento

Ao se optar por processo de separação similar à centrifugação, deve-se considerar altas velocidade de funcionamento das partes móveis, normalmente superior à 3.000 rpm. Já num processo envolvendo prensagem trabalha-se com baixas rotações, geralmente inferior à 100 rpm. Neste último caso há a necessidade de se trabalhar com sistema de redução de velocidade.

E) Dimensões

Trabalhar com peças e componentes menores e em menor número, desde que não afetem o desempenho do equipamento, é fundamental para redução de custos e facilidade de transporte.

F) Mobilidade

A construção de um equipamento com características que viabilizem a sua montagem em unidades móveis é de grande importância ao suinocultor catarinense. Desta forma, é necessário um estudo da viabilidade de projetar peças e componentes, como rodas, eixos e pontos de engate, visando o transporte deste separador. Vale destacar que pretende-se, neste trabalho, construir apenas o protótipo e não a unidade móvel.

G) Tipos de materiais

No projeto deve-se levar em conta a utilização de peças e componentes em material resistente à corrosão, como o aço inoxidável e polímeros, principalmente para os que terão contato direto com o dejetos, visto que este último tem alto poder de corrosão (presença de urina na sua composição). Assim será possível prolongar a vida útil do equipamento. Materiais facilmente recicláveis e/ou reutilizáveis também são requisitos de qualidade fundamentais.

H) Capacidade de separação

Considerando que uma das finalidades do projeto é a construção de um equipamento com características que viabilizem a sua montagem em unidades móveis, é fundamental projetar um equipamento com grande capacidade de separação (maior que 5 m³/hora).

I) Características ergonômicas

O equipamento deve proporcionar boas condições ergonômicas e de segurança para o operador, tais como: minimização de peças móveis expostas, de vibrações, de ruídos e de cantos vivos; dimensões ajustáveis ao operador e comando visíveis.

3.3.3 Parâmetros econômicos do projeto

Conforme Instituto CEPA/SC [08], a suinocultura é a segunda principal atividade de Santa Catarina na formação do valor bruto da produção agrícola, participando com aproximadamente 300 milhões de reais (15,4 % do total). A base econômica agrícola da região oeste catarinense atualmente é o trinômio milho/suínos/aves.

Ultimamente o consumo de carnes de aves tem aumentado, substituindo parte do consumo de carnes suínas, com isso houve redução das margens de lucro do suinocultor, que muitas vezes não passa de 5 % [12].

Deve-se considerar que este projeto visa um equipamento com custos (aquisição, operação, manutenção e transporte) inferiores aos existentes no mercado, tornando-se acessível ao descapitalizado suinocultor catarinense.

Aqui serão apresentados alguns cálculos para analisar o retorno econômico de um investimento num separador de dejetos suínos. Primeiramente será analisado o retorno econômico obtido com o sólido separado do dejetos.

Para efeito de cálculo será considerado que:

- o teor médio de matéria seca no dejetos sólido separado é de 3 %;
- o retorno financeiro será calculado para um suinocultor com 200 suínos, que trabalha com ciclo completo (criação até abate);
- a média de produção de dejetos é de 8,6 litros dejetos/cabeça/dia, conforme destacado por Fernandes e Oliveira [16];
- a eficiência de separação é de 50 %, deixando sólido separado com 50 % de umidade;
- o preço obtido pela comercialização do sólido é de 10 reais/m³ (como este sólido não tem preço de mercado está-se considerando o valor da cama de aviário, que possui características similares);
- a densidade do dejetos sólido separado é em torno de 1100 kg/m³.

Com estes dados pode-se concluir que:

- como um suíno produz 8,6 litro dejetos/dia, tem-se para 200 suínos uma produção de 1,72 m³ de dejetos/dia;
- como o dejetos tem 3 % de sólidos totais, tem-se uma produção de 51,9 litros de sólidos totais/dia;
- como a eficiência de separação do equipamento foi estipulada em 50 %, tem-se como resultado a separação de 25,95 litros de sólidos totais/dia;
- como o sólido separado contém 50 % de umidade, tem-se a produção total de 51,9 litros/dia, que corresponde à 18,94 m³ de dejetos sólido separado/ano;
- ao preço de 10 reais/m³ dejetos, o produtor teria um retorno de 189 reais/ano.

O suinocultor tem, como uma segunda alternativa, utilizar o dejetos sólido para adubação da lavoura. Assim o retorno financeiro pode ser calculado com base na economia na compra de adubos químicos. Pode-se fazer o seguinte cálculo:

- a produção de 18,94 m³ de dejetos sólido/ano equivale à 9,47 m³ de matéria seca/ano, ou seja, 11,36 toneladas de matéria seca/ano;
- conforme citado no capítulo I (item 1.3), 250 toneladas de matéria orgânica equivalem à cerca de 70 toneladas de adubo na formulação NPK 12-6-12. Então tem-se que, 11,34 toneladas de matéria seca equivale à 3,17 toneladas de adubo (53 sacas de 60 kg cada);

- considerando que atualmente o preço da saca de adubo gira em torno de 20 reais, o suinocultor pode economizar 1.060 reais/ano com adubos químicos, utilizando o dejetos sólido como adubação.

Pela análise dos dois cálculos feitos anteriormente, confirma-se a grande vantagem de se usar a parte sólida para adubo, para produtores que dispõem de área para distribuição. E ainda tem-se a parte líquida que também é recomendada para adubação.

Não se pode deixar de considerar que muitas despesas estão envolvidas para a obtenção deste adubo. O autor Rocha [25] citou que "o custo de obtenção de uma tonelada de dejetos peneirado e prensado (baseado em equipamentos disponíveis no mercado) é de 8,88 reais, considerando a distância de transporte de 50 km e que a produtividade da separadora de sólidos seja de 450 kg de dejetos prensado e peneirado/hora. Aqui estão considerados os preços do equipamento, das instalações, dos motores necessários, da energia, dos juros sobre capital fixo, da manutenção e depreciação das instalações e equipamentos e do custo de transporte".

Com base nisso pode-se afirmar que, considerando que uma tonelada de dejetos separados (600 kg de matéria seca, segundo o raciocínio dos cálculos anteriores) é equivalente à 2,8 sacas de adubo (56 reais), o suinocultor terá uma receita de 47,12 reais por tonelada de dejetos separados.

A tabela 3.1 apresenta um resumo dos resultados dos cálculos anteriores, estendendo-se os cálculos para suinocultores com tamanhos diferentes de rebanho.

Tabela 3.1 – Retorno financeiro do dejetos sólido separado.

Suinocultor	Produção dejetos sólido (m ³ /ano)	Comercialização do sólido (reais/ano)		Utilização do sólido como adubo (reais/ano)	
		bruto ⁽¹⁾	líquido ⁽²⁾	bruto ⁽¹⁾	líquido ⁽²⁾
com 50 suínos	4,74	47,35	5,30	265,00	223,11
com 100 suínos	9,47	94,70	10,60	530,00	446,22
com 150 suínos	14,21	142,05	15,91	795,00	669,34
com 200 suínos	18,94	189,40	21,21	1.060,00	892,45
com 500 suínos	47,35	473,50	53,03	2.650,00	2.231,13
com 1000 suínos	94,70	947,00	106,05	5.300,00	4.462,25

(1) - Não considera os custos para separação dos sólidos,

(2) - Considerando o custo de 8,88 reais para a separação de uma tonelada de dejetos sólido.

Atualmente observa-se que o suinocultor catarinense está muito descapitalizado, não tendo condições de dispor de um investimento inicial para

aquisição de um equipamento para separação de fases de dejetos, por mais que este traga retorno do capital investido à médio ou longo prazo.

Se for considerado um produtor com 500 suínos, com taxa de abate de 160 % e comercializando a carne numa época de preço baixo (70 centavos de reais/kg de suíno vivo), este teria uma receita de apenas 3,5 centavos de reais/kg de suíno vivo comercializado (levando em conta apenas 5 % de margens de lucro). Isto significa dizer que o suinocultor terá uma receita de apenas 2.800 reais/ano (considerando cada animal abatido com 100 kg de peso vivo).

Estes fatos apontam para a necessidade de organização de grupos de produtores para a aquisição de equipamentos montados em unidades móveis, onde se teria diluição dos custos através do uso destes em várias propriedades.

Mas não pode-se considerar apenas o aspecto de retorno de investimentos diretamente. O tratamento de dejetos se faz necessário para diminuição do mau cheiro, diminuição dos problemas sanitários do rebanho e, principalmente, redução da contaminação ambiental. O suinocultor deve estar ciente que, no futuro, não poderá produzir mais carne suína se não possuir um sistema de tratamento de dejetos na sua propriedade.

3.4 NECESSIDADES DOS CLIENTES

Somente se justifica o desenvolvimento de um produto se houver a existência de necessidades. Isto significa que o projeto deve estar voltado para o atendimento das necessidades dos clientes e o produto deve ser projetado de acordo com estas. A seguir serão mostradas as formas de obtenção e a identificação destas necessidades.

3.4.1 Forma de obtenção das necessidades

As necessidades dos clientes para o projeto em questão foram obtidas de várias formas. Foram efetuadas consultas a órgãos vinculados à pesquisa e extensão rural e a periódicos, revistas e prospectos afins. Foram feitas entrevistas à suinocultores de uma região produtora (região de Concórdia – oeste catarinense), utilizando-se de um questionário padrão, cujo modelo está mostrado no anexo A deste trabalho. Também foram analisados os equipamentos existentes no mercado e os parâmetros de projeto, listados anteriormente. Em algumas oportunidades foram feitos questionamentos

informais a extensionistas de agroindústrias e a vendedores de materiais e equipamentos para o tratamento de dejetos suínos. A equipe de projeto também utilizou da metodologia de *brainstorming* (estímulo à criatividade – “enxurrada de palpites”) e da simulação como sendo cliente para identificação destas necessidades.

Ressalta-se ainda que os questionário (anexo A) foram aplicados em suinocultores com diferentes modalidades de exploração (reprodução, criação de leitões e terminação), em número total inferior a 20 (vinte). As questões deste documento foram elaboradas baseando-se em experiência prática e em dados necessários á definição das necessidades, não havendo embasamento em outros questionários. Não se conseguiu um número de informações suficientes para se trabalhar com referencial estatístico para sistematização de informações, visto que a maioria dos produtores tiveram dificuldade em preencher os dados por desconhecerem a tecnologia em questão.

3.4.2 Identificação das necessidades dos clientes

Através das formas descritas anteriormente foi possível detectar as seguintes necessidades:

- controlar e prevenir a poluição ambiental - com a atual preocupação na busca da melhor gestão dos recursos ambientais a suinocultura tem sido alvo de rigorosa fiscalização;
- melhor aproveitamento dos dejetos, possibilitando receitas adicionais ao produtor como por exemplo a adubação;
- melhorar as condições das instalações, pois a separação das fases do dejetos permite a redução do número de moscas, diminuindo sujeiras, estresse dos animais e dos trabalhadores, e a diminuição do mau cheiro local;
- otimização do tratamento do dejetos - o líquido separado, com menor carga orgânica, é mais facilmente tratado;
- melhorar as características do dejetos, para facilitar seu manejo - a parte sólida separada mantém-se de forma agregada e a parte líquida pode ser bombeada (sistema de irrigação por aspersão) por bombas convencionais;
- equipamento com boa capacidade de separação para processar grandes quantidades de dejetos em tempo reduzido;
- produto com peso reduzido para facilitar seu manuseio, transporte e instalação;

- boa eficiência na separação da parte sólida, para reduzir ao máximo a carga orgânica do líquido separado;
- sólido separado com baixo teor de umidade para facilitar o manejo e utilização do mesmo;
- equipamento com características físicas (peso, altura, disposição dos comandos, etc.) que tornem possível a adaptação em um sistema móvel, viabilizando a aquisição por grupos de suinocultores, cooperativas e prefeituras;
- equipamento de elevada vida útil, com componentes resistentes a corrosão e ao atrito;
- equipamento com boa segurança (cantos vivos reduzidos e ausência de peças móveis expostas) para evitar acidentes com operadores e transportadores;
- estudo de fontes alternativas de energia, além da elétrica, pois em muitas propriedades as instalações elétricas são precárias, ou o dejetos é armazenado em locais distantes das fontes de energia;
- reaproveitamento dos resíduos gerados durante o processo de fabricação;
- equipamento com alta confiabilidade;
- suinocultores precisando ampliar seus rebanhos para sobreviver no mercado, e para isso é indispensável o tratamento de dejetos;
- reduzir a área de aplicação do dejetos líquido - a retirada da parte sólida (carga orgânica) do dejetos propicia uma parte líquida com menor concentração de nutrientes, permitindo a utilização em maior escala numa mesma área de lavoura;
- baixo custo de aquisição - atualmente os equipamentos concorrentes apresentam um custo inviável à maioria dos suinocultores;
- facilidade de manutenção e operação do equipamento, com comandos e ajustes simples ao suinocultor, com poucas regulagens;
- baixo custo de operação e manutenção do equipamento;
- variação do sistema de alimentação - em função do desejo do cliente e das particularidades do terreno, a alimentação poderá ser por bombeamento ou por gravidade;
- facilidade de reposição de peças - isto visa evitar que ocorra longa paralisação da operação e funcionamento do equipamento em função da dificuldade de obtenção de suas peças e componentes;
- baixo consumo de energia para o funcionamento do equipamento;

- níveis de ruídos e vibrações aceitáveis, evitando comprometer a segurança da instalação do suporte do equipamento, bem como possíveis problemas com a vizinhança e estresse dos animais;
- facilidade de descarte, visto que é importante na etapa de projeto prever a forma como o equipamento e seus componentes poderão ser utilizados após o término de sua vida útil;
- facilidade de fabricação e montagem, evitando com isso a necessidade de se fazer altos investimentos com novas tecnologias, e reduzir o grau de resistência dos profissionais envolvidos nestes processos;
- equipamento robusto para resistir ao deslocamento e às diferentes características do dejetos;
- menor número de componentes, beneficiando o pessoal da fabricação e reduzindo os custos;
- ainda, com relação às necessidades dos clientes internos e intermediários, tem-se o baixo risco de acidentes, facilidade de transporte, peças e componentes normalizados e baratos e fácil armazenagem.

3.4.3 Comparação entre necessidades - valoração das necessidades

Para a valoração das necessidades, necessária para a posterior classificação de importância dos requisitos de qualidade, foram aplicados três diferentes métodos de comparações, a fim de escolher uma valoração o mais coerente possível.

No primeiro método (figura 3.4) foi proposto uma comparação entre as necessidades e os diferentes clientes do projeto. Foram considerados três valores de relação (fraco, médio e forte) entre clientes e necessidades, e foram estipulados graus de importância para os diferentes clientes, obtendo-se a somatória do grau de relação x grau de importância. Esta somatória determina a classificação de cada necessidade.

No segundo método (figura 3.5) foi efetuado uma comparação geral entre todas necessidades, através de um Diagrama de Mudge (chamado de Diagrama de Mudge 1) , sem separação entre as necessidade dos clientes internos e externos. O Diagrama de Mudge é apresentado por Csillag [51] como uma ferramenta de projeto para avaliação das necessidades.

Já no terceiro método (figura 3.6), também através de um Diagrama de Mudge (chamado de Diagrama de Mudge 2), foi feita a comparação entre as necessidades dos clientes internos e externos separadamente.

[illegible]

Figura 3.5 - Valoração das necessidades - Diagrama de Mudje 1.

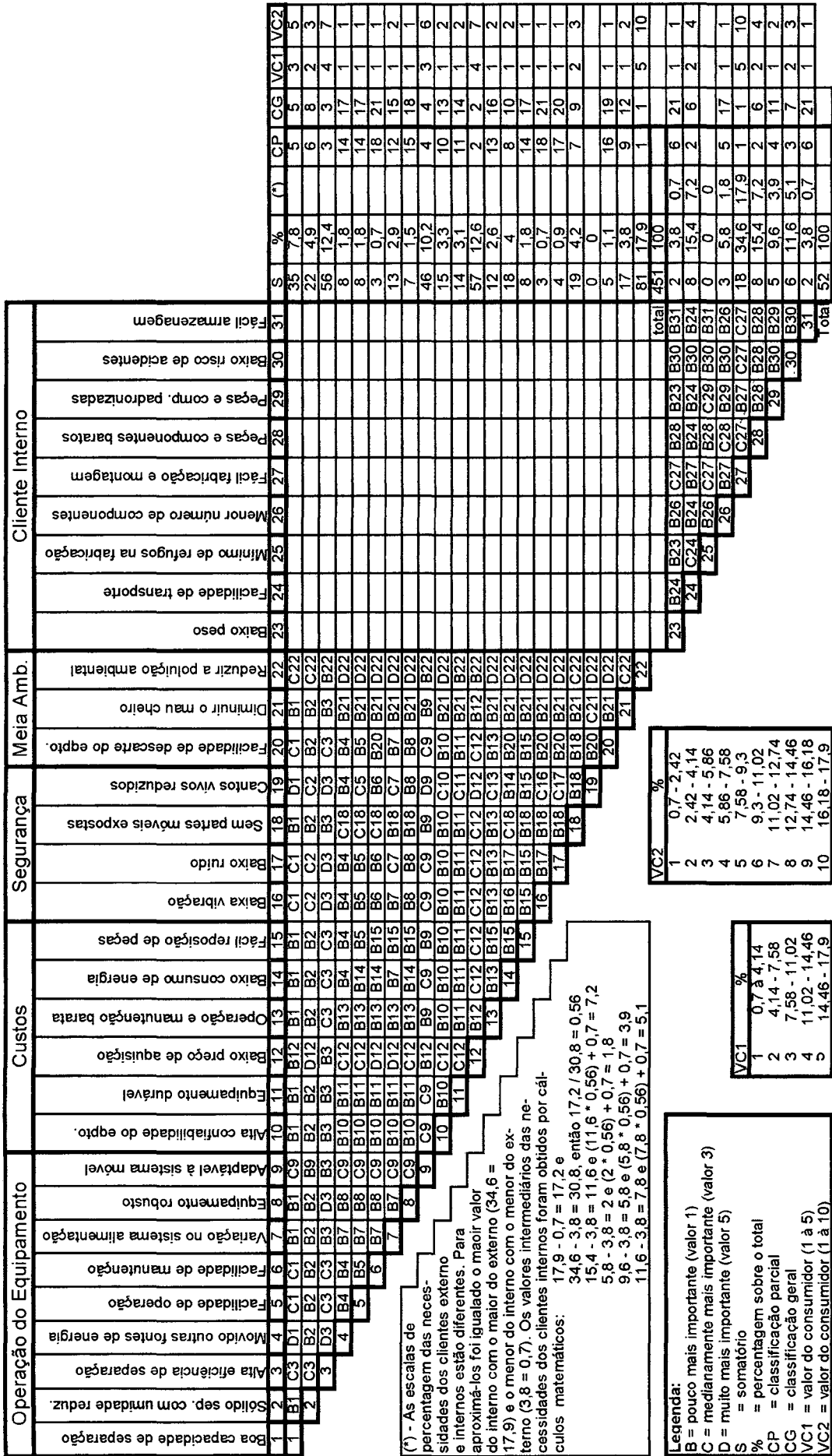


Figura 3.6 - Valoração das necessidades - Diagrama de Mudje 2.

Nos dois Diagramas de Mudge as necessidades dos clientes intermediários foram incluídas junto com as do interno. Neste diagramas foram utilizados 3 graus de relação (pouco mais importante, medianamente mais importante e muito mais importante) entre as necessidades.

As Valorações dos Consumidores (VC), utilizados nos Diagramas de Mudge, foram obtidas transformando as percentagens (%) de cada necessidade em uma escala de 1 à 5 (VC1) e de 1 à 10 (VC2). A utilização de uma escala menor de VC foi defendida por Paul & Beitz [52] por se tratar de avaliação de características pouco detalhadas (necessidades).

A tabela 3.2 mostra a classificação, por ordem de importância, das necessidades dos clientes, obtidas nos três diferentes métodos de valoração, destacando a posição das necessidades dos clientes internos.

Pela análise da tabela 3.2 entende-se que o método necessidade x clientes não é o mais adequado, pois atribui baixa valoração para necessidades relevantes como: redução da poluição ambiental; sólidos separados com baixa umidade e facilidade de fabricação e montagem. Além disto, este método atribui baixa importância às necessidades dos clientes internos. A comparação clientes x necessidades não é coerente ao atribuir diferentes graus de importância para os diferentes clientes, devido à dificuldade de se avaliar na prática qual cliente é mais importante.

Comparando os resultados Diagramas de Mudge 1 e 2 observa-se que a classificação das necessidades dos clientes externos são similares. O Diagrama de Mudge 2, que avalia separadamente as necessidades dos clientes internos e externos, atribui igual importância aos dois tipos de clientes e proporciona uma maior relevância para as necessidades dos clientes internos, comparados com o Diagrama de Mudge 1.

Analisando apenas a classificação dada pela tabela 3.2 não se tem dados suficientes para escolher a melhor valoração, entre os dois Diagramas. Sendo assim, será elaborado uma Casa da Qualidade - definição dos requisitos - para cada valoração (VCs dos Diagramas de Mudge 1 e 2), ou seja, será elaborado duas Casas da Qualidade, com valorações (VC) distintas.

3.5 REQUISITOS DE QUALIDADE – CASA DA QUALIDADE

Como próximo passo tem-se a definição dos requisitos, ou seja, das características que o produto deve ter para suprir as necessidades e expectativas dos

Tabela 3.2 – Comparação entre as 3 diferentes valorações das necessidades

Necessidades x clientes	Diagrama de Mudge 1	Diagrama de Mudge 2 ⁽¹⁾
1. adaptável a um sistema móvel	1. redução da poluição ambiental	1. redução da poluição ambiental
2. alta eficiência de separação	2. alta eficiência de separação	1. fácil fabricação e montagem
3. baixo preço de aquisição	3. baixo preço de aquisição	2. baixo preço de aquisição
4. equipamento robusto	4. adaptável a um sistema móvel	3. alta eficiência de separação
5. sem partes móveis expostas	5. boa capacidade de separação	4. adaptável a um sistema móvel
5. boa capacidade separação	6. sólido sep. com umidade reduz.	5. boa capacidade de separação
6. redução da poluição ambiental	7. fácil fabricação e montagem	6. facilidade de transporte
7. equipamento durável	8. sem partes móveis expostas	6. peças e componentes baratos
8. alta confiabilidade do eqpto.	8. diminuir o mau cheiro	7. baixo risco de acidentes
9. operação e manut. baratas	9. alta confiabilidade do eqpto.	8. sólido sep. com umidade reduz.
10. var. do sistema de alimentação	9. equipamento durável	9. sem partes móveis expostas
11. sólido sep. com umid. reduz.	9. var. do sistema de alimentaça	10. baixo consumo de energia
12. facilidade de operação	10. baixo consumo de energia	11. peças e comp. padronizados
12. diminuir o mau cheiro	11. peças e componentes baratos	12. diminuir o mau cheiro
12. peças e comp. padronizados	12. facilidade de transporte	13. alta confiabilidade do eqpto.
13. fácil reposição de peças	13. operação e manut. baratas	14. equipamento durável
14. peças e componentes baratos	14. movido outras fontes energia	15. var. do sistema de alimentação
15. baixo peso	14. fácil reposição de peças	16. operação e manut. baratas
16. facilidade de manutenção	15. facilidade de operação	17. menor nº de componentes
17. fácil descarte equipamento.	16. equipamento robusto	17. fácil reposição de peças
18. movido outras fontes energia	17. peças e comp. padronizados	17. movido outras fontes energia
18. fácil armazenagem	18. baixo risco de acidentes	17. facilidade de operação
19. facilidade de transporte	18. fácil descarte do equipamento.	18. equipamento robusto
20. baixo consumo de energia	19. baixo peso	19. fácil descarte do equipamento
21. baixo ruído	20. facilidade de manutenção	20. baixo ruído
22. cantos vivos reduzidos	21. fácil armazenagem	21. baixa vibração
23. baixa vibração	22. baixo ruído	21. facilidade de manutenção
23. menor nº de componentes	22. menor nº de componentes	21. fácil armazenagem
24. baixo risco de acidentes	23. baixa vibração	21. baixo peso
25. fácil fabricação e montagem	24. cantos vivos reduzidos	
26. mínimo refugos na fabricação	24. mínimo refugos na fabricação	

(1) Valoração das necessidades dos clientes internos e externos foi feita separadamente.

clientes. Aqui são descritos as características técnicas do produto que são passíveis de mensuração por algum sensor. Estes requisitos foram obtidos através da análise do

ciclo de vida do produto e utilizando-se a ferramenta de *brainstorming*. Os requisitos de projeto obtidos foram listados na Casa da Qualidade.

O relacionamento entre as necessidades dos clientes e os requisitos de qualidade é feito através da Casa da Qualidade (desenho esquemático na figura 3.7), também conhecida como técnica QFD (*Quality Function Development* – Desdobramento da Função Qualidade). O QFD é uma ferramenta que assegura a qualidade do produto ainda na fase de projeto, e consiste num mapa funcional que reúne diversos setores envolvidos no desenvolvimento do produto para o seu planejamento.

A Casa da Qualidade fornece uma visão sumária sobre atributos do consumidor, características de engenharia, classificação dos requisitos por importância, comparação com os concorrentes e informações suplementares.

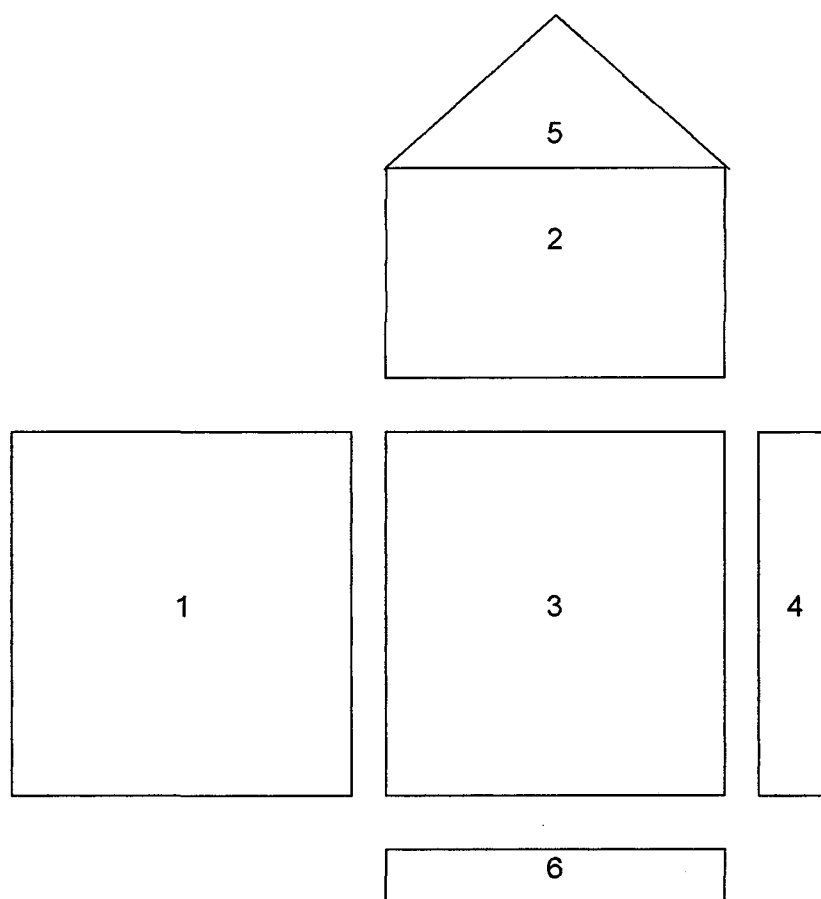


Figura 3.7 – Esquema explicativo da Casa da Qualidade.

A figura 3.7 trás um esquema de construção do QFD, onde:

- 1 - relação das necessidades dos clientes externos e internos, ou seja, “O QUÊ” o cliente deseja ou espera do produto;

- 2 - relação dos requisitos de qualidade que irão atender as necessidades, ou seja, os “COMO” para atender os “O QUÊ”;
- 3 - grau de relacionamento entre as necessidades dos clientes e os requisitos de qualidade, que pode ser forte, média ou fraca, conforme as figuras 3.8 e 3.9;
- 4 - valor do cliente, obtido pela valoração das necessidades dos clientes, feita no item anterior;
- 5 - telhado da Casa da Qualidade onde os requisitos são comparados entre si, e isto vem a auxiliar a operacionalização coletiva dos requisitos, com especial atenção entre os conflitantes;
- 6 - classificação dos requisitos de qualidade, onde vc = valor do consumidor e gr = grau de relacionamento.

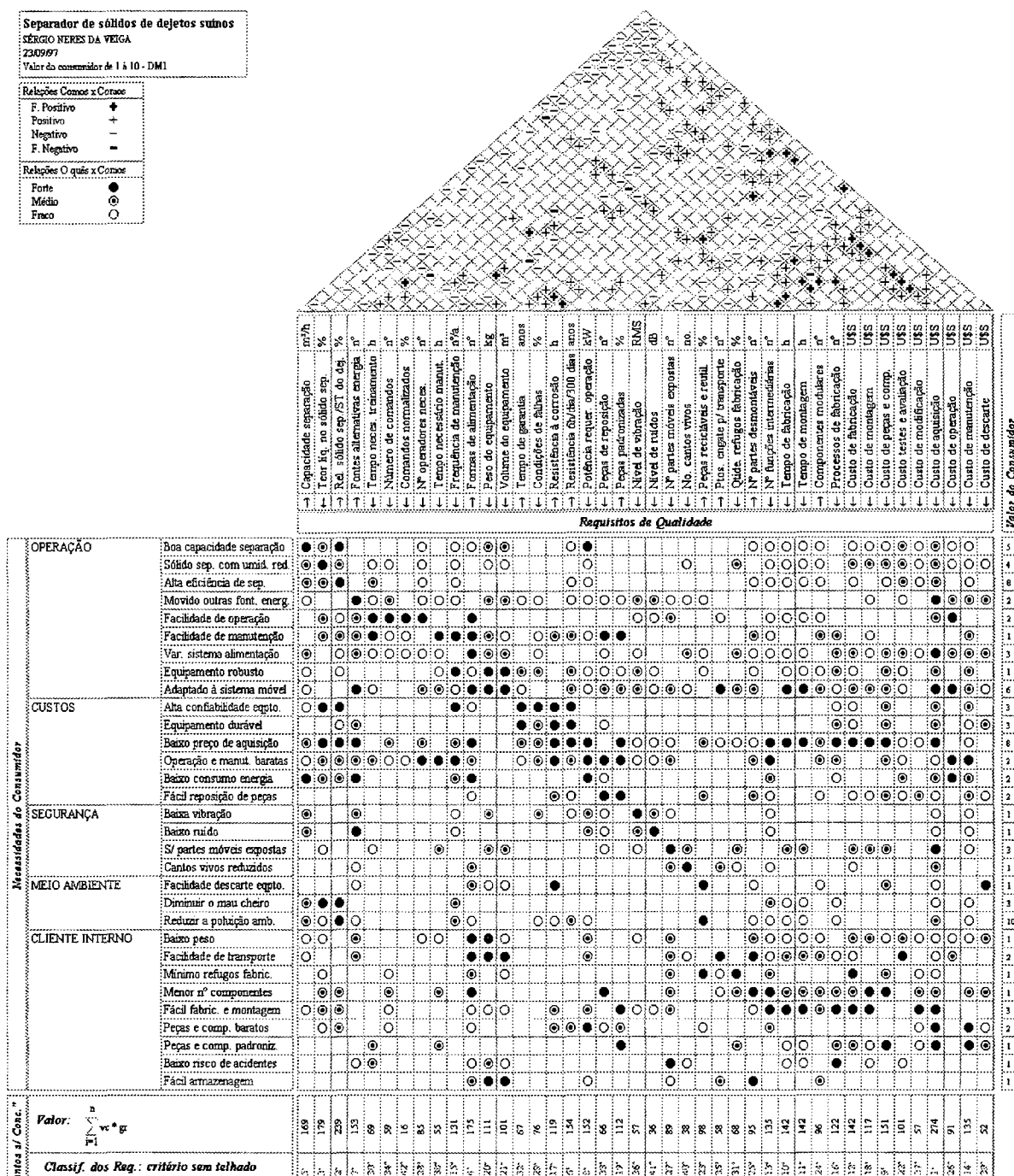
Contou-se com o trabalho de uma equipe de projeto (mestrando, bolsistas e orientador) para a construção da casa da qualidade e definição das variáveis correlacionadas à sua montagem.

No preenchimento das Casas da Qualidade foi escolhido a escala de VCs de 1 à 10, extraído das figuras 3.5 e 3.6, pois a escala de 1 à 5 apresentou-se muito superficial, não identificando muitas necessidades com diferentes importâncias.

Comparando os resultados de classificação obtidos pelas duas Casas da Qualidade observa-se que a Casa da Qualidade 1 (VCs obtidos do Diagrama de Mudge 1), mostrado na figura 3.8, apresenta as seguintes vantagens:

- foram relacionados as necessidades “aproveitamento de refugos na fabricação” e “cantos vivos reduzidos” enquanto na Casa da Qualidade 2 elas foram consideradas sem relevância, em comparação com as outras necessidades;
- obteve-se grau de importância maior para os requisitos de grande relevância, que são a capacidade de separação e teor de líquido no sólido separado comparado à Casa da Qualidade 2. Este resultado se deve à maiores VCs dados às necessidades de clientes internos no Diagrama de Mudge 2;
- obteve-se grau de importância maior para requisitos importantes à realidade catarinense, como fontes de alternativas, vida útil e custo de peças e componentes, comparado à Casa da Qualidade 2. Este último requisito está diretamente relacionado ao custo de aquisição e manutenção.

Estas vantagens foram decisivas para se optar pela classificação dos requisitos obtidos pela Casa da Qualidade 1, para a elaboração do próximo passo, que são as especificações de projeto.



3.6 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

As especificações de projeto trazem um conjunto de informações sobre cada requisito, que será a base para as próximas etapas do projeto. Aqui os requisitos, listados e classificados na Casa da Qualidade 1, são colocados em ordem de

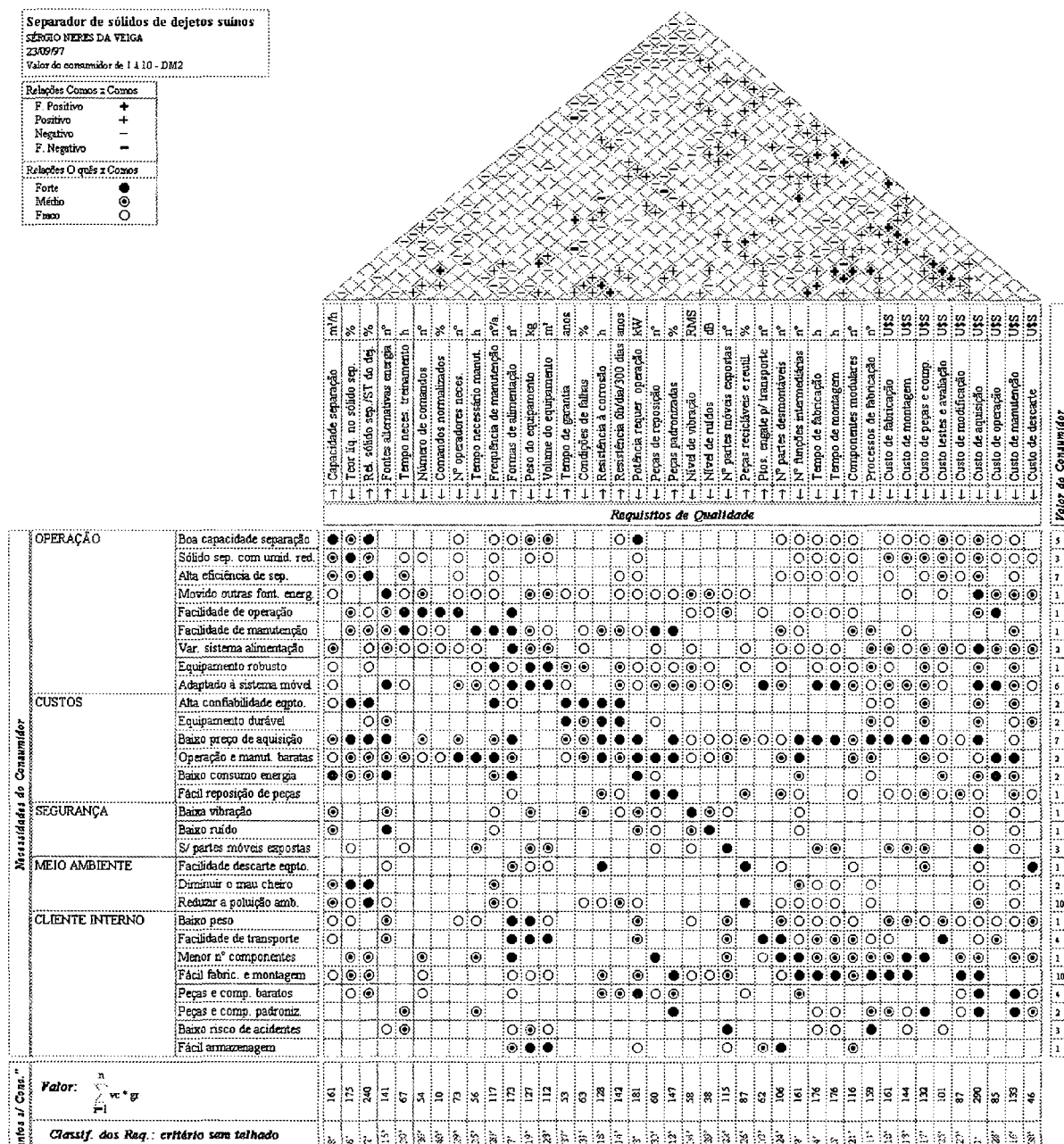


Figura 3.9 – Casa da Qualidade 2 (Diagrama de Mudge 2).

importância e melhor detalhados. Conforme observado na tabela 3.3, dentro das especificações tem-se a relação de: um valor meta de cada requisito, que se deseja alcançar; os sensores (como medir) de cada meta; as saídas indesejáveis (o que acontecerá caso a meta não seja alcançada) e algumas observações e/ou restrições de cada requisito.

Tabela 3.3 – Especificações de projeto

REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS E OBSERVAÇÕES
1. Custo de aquisição	Custo de aquisição do equipamento inferior a R\$ 5.000,00	Planilhas de custos	Não se deseja custo final acima da realidade financeira do consumidor. Para um produtor com 500 suínos o equipamento poderá ser amortizado em 23 meses, utilizando dejetos sólidos como adubo. Aqui considera-se 30 % deste valor para encargos financeiros e lucro do vendedor.
2. Relação sólido sep./ST do dejetos (eficiência)	Eficiência de separação acima de 60 % (kg/kg)	Balança	Evita-se grande quantidade de sólido no líquido separado, caso contrário há grandes investimentos para o posterior tratamento desta parte líquida.
3. Teor de líquidos no sólido separado	Entre 50 e 80 % (kg/kg)	Balança	Sólido separado com elevada umidade apresenta elevado odor e limita sua utilização na formação de compostos, além de dificultar seu manejo.
4. Formas de alimentação do equipamento	O equipamento deve permitir alimentação por outras formas além do bombeamento, como a gravidade	Inspeção visual	Uma única forma de alimentação limita a utilização do equipamento. Terreno com pouca declividade inviabiliza o sistema de alimentação por gravidade. Utilização de bombas encarece o sistema.
5. Capacidade de separação	Mínimo 5 m ³ /h	Medidor de vazão	Pouca vazão de alimentação inviabiliza a utilização do equipamento por grupos de suínocultores. Dejetos armazenados por muito tempo diminui a sua granulometria, comprometendo a eficiência de separação.
6. Resistência 6h/dia/300 dias	Mínimo 6 anos	Horas de operação	Caso contrário, há o comprometimento do investimento pelo cliente. Considera-se a vida útil do equipamento, trabalhando 6 h/dia, durante 300 dias do ano.
7. Fontes alternativas de energia	Estudar uma fonte geradora de energia, além da elétrica, mais adequada a realidade do suínocultor	Inspeção visual	Equipamentos movidos a energia elétrica tem sua utilização limitada em muitas propriedades, que possuem instalações elétricas subdimensionadas. O depósito de dejetos suínos, em muitos casos, se encontra distante das instalações elétricas.
8. Potência de operação	Máximo 5 kW	Potenciómetro	Evita-se grandes motores devido aos seus altos custos de aquisição, operação e manutenção. Aqui é incluída a potência de uma bomba, quando é o caso de sua utilização.
9. Custo de peças e componentes	30 % do custo de aquisição	Planilha de custos	Utilizar peças mais baratas desde que não comprometa o desempenho do equipamento.

Tabela 3.3 – Especificações de projeto (continuação)

REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS E OBSERVAÇÕES
10. Tempo necessário para a fabricação	Máximo 40 horas	Cronômetro	Tempo elevado compromete o sistema de produção e encarece o produto final.
11. Tempo necessário para montagem	Máximo 20 horas	Cronômetro	Tempo elevado compromete o sistema de produção e encarece o produto final. O tempo proposto considera 3 funcionários trabalhando do setor de montagem.
12. Custo de fabricação	25 % do custo de aquisição	Planilha de custos	Custos de fabricação altos acarretam em maiores custos de aquisição.
13. Funções intermediárias	Mínimo possível, suficiente para bom desempenho do equipamento	Inspeção visual	Um maior número de funções reflete em maior custo do equipamento, ou seja, requer mais peças e componentes, mais processo de fabricação e mais manutenção.
14. Custos de manutenção	6,5 % do custo de aquisição/ano	Planilha de custos	Evita-se custos de manutenção além da realidade do suinocultor.
15. Frequência de manutenção	Máximo 4 manutenções/ano	Programa manut.	Alta frequência eleva custos de manutenção.
16. Processos de fabricação	Mínimo possível, desde que não comprometa as características das peças e componentes	Inspeção visual	Muitos processos dificultam a fabricação e aumentam custos.
17. Resistência à corrosão	O separador não deve apresentar sinais de corrosão antes de 4 mil horas de operação	Teste de névoa salina	Corrosão de peças e componentes compromete desempenho do equipamento. A urina existente no dejetor tem alto poder de corrosão.
18. Custo de montagem	10 % do custo de aquisição	Planilha de custos	Custos elevados de montagem acarretam em aumento do custo de aquisição.
19. Peças padronizadas	100 %	Inspeção visual	Peças não padronizadas dificultam a manutenção (reposição de peças) e a fabricação, além de aumentar os custos nesta última. Considera-se aqui parafusos, polias, chapas, tubos, correia, rolamentos, etc.
20. Peso do equipamento	Máximo 200 kg	Balança	Peso excessivo dificulta transporte e manutenção. O equipamento deve ser leve para adaptação em sistema móvel.

Tabela 3.3 – Especificações de projeto (continuação)

REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS E OBSERVAÇÕES
21. Volume do equipamento	Dimensões máximas: 1,8 m comp., 1,0 m larg. e 1,2 m altura.	Trena	Equipamento volumoso dificulta operação e transporte.
22. Custo de testes e avaliação	3 % do custo de aquisição	Planilha de custos	-
23. Peças recicláveis e reutilizáveis	Mínimo de 70 %	Inspeção visual	Evita-se o uso de elevado número de peças não reaproveitáveis. Os produtos devem ser projetados de forma a não comprometer o meio ambiente.
24. Componentes modulares	O maior número possível	Inspeção visual	Componentes modulares facilitam a fabricação e a montagem de peças e componentes, além de diminuir custos na fabricação.
25. Partes desmontáveis	Número suficiente para facilitar manuseio do produto	Inspeção visual	Equipamento não desmontável dificulta transporte, armazenamento e manutenção.
26. Custo de operação	6,5 % do custo de aquisição/ano	Planilha de custos	Evita-se operação com custos além da realidade do suinocultor. Neste caso considera-se trabalho de 6h/dia e 20 dias/mês.
27. Partes móveis expostas	Inexistência	Inspeção visual	Partes móveis expostas podem vir a causar acidentes à operadores, transportadores e ao próprio equipamento.
28. Operadores necessários	Um operador	Inspeção visual	Muitos operadores aumentam os custos de operação. Automatização do sistema diminui número de operadores.
29. Condições de falhas	Buscar o mínimo possível de falhas	Constatação em testes	Elevada percentagem de falhas diminui a confiabilidade do equipamento.
30. Tempo necessário para treinamento	Máximo 8 horas	Cronômetro	Tempo elevado de treinamento traduz num equipamento de difícil operação.
31. Qtde. de refugos na fabricação	Mínimo possível (kg refugo/kg total do equipamento)	Balança	Muito refugo significa desperdício de dinheiro em materiais.
32. Tempo de garantia	Mínimo 1 ano	Certificado de garantia	Equipamento com pouca garantia reflete na sua pouca confiabilidade.
33. Peças de reposição	Poucas, para diminuir custos	Inspeção visual	Muitas peças a serem repostas encarecem a manutenção.
34. Número de comandos	Mínimo suficiente para fácil operação	Constatação visual	Muitos comandos dificultam a operação.

Tabela 3.3 – Especificações de projeto (continuação)

REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS E OBSERVAÇÕES
35. Pontos de engate para transporte	Em número adequado ao fácil transporte	Inspeção visual	Equipamento sem ponto de engate dificulta transporte.
36. Nível de vibração	Máximo 5 mm/s	Acelerômetro (RMS)	Altas vibrações comprometem segurança e podem causar danos ao equipamento. Sistema de isolamento do equipamento é caro.
37. Custo de modificação	2 % do custo de aquisição	Planilha de custos	Importante, principalmente na modificação de um protótipo inicial, antes da decisão de construir em série
38. Tempo necessário para manutenção	Mínimo de horas possíveis, não comprometendo mais que 1 dia de operação	Cronômetro	Tempo excessivo encarece manutenção e reflete em dificuldades na manutenção. Equipamento parado muito tempo é prejudicial, pois diminui eficiência de separação (dejeito fica velho - granulometria mais fina).
39. Custo de descarte	3 % do custo de aquisição	Planilha de custos	Importante para que o produto não vire sucata e contamine o meio ambiente.
40. Número de cantos vivos	Mínimo possível	Inspeção visual	Muitos cantos vivos comprometem a segurança, pois o operador tem contato físico com equipamento.
41. Nível de ruído	Máximo 50 dB	Medidor NPS	Ruído excessivo perturba o meio ambiente e o operador, e pode causar estresse nos animais.
42. Comandos normalizados	100 %	Inspeção visual	Comandos não normalizados dificultam treinamento e operação.

3.7 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram efetuados diversos passos, que resultaram nas especificações de projeto para o separador de sólidos de dejetos animais. Através de uma revisão bibliográfica e de informações obtidas por contatos com suinocultores e extensionistas foi possível identificar os clientes e parâmetros do projeto, cujo conhecimento é pré-requisito para o levantamento das necessidades dos clientes. Estas informações levantadas são fundamentais para garantia da qualidade do projeto, evitando a construção de um equipamento com especificações fora da realidade do mercado.

Ainda fazendo parte da análise da qualidade do projeto foi efetuada a valoração das necessidades listadas, para sua aplicação no QFD. As dificuldades na utilização dos métodos de valoração das necessidades são as dúvidas que surgem na avaliação destas, para definir qual delas é mais importante, e até que ponto as necessidades dos clientes externos são mais importantes que as necessidades dos clientes internos. Existe a necessidade de se rever várias vezes a avaliação feita, para que se chegue à uma classificação que mais se aproxime da realidade.

A utilização de três métodos diferentes de valoração das necessidades proporcionou uma redução significativa destas dificuldades. Com três classificações diferentes das necessidades foi possível chegar à uma conclusão mais concreta do que realmente é mais importante para ser levado em consideração na continuidade do projeto. Sabe-se que somente uma classificação teórica, sem conhecimento das dificuldades na prática, não é suficiente para se chegar às necessidades mais importantes.

Já as dificuldades da aplicação do QFD estão na complexidade de se avaliar a relação entre as necessidades e os requisitos. Ainda se está numa fase inicial do projeto e faltam informações mais detalhadas para auxiliar nesta avaliação. Qualquer avaliação equivocada vai alterar a classificação de determinado requisito. Este erro poderá ter consequências maiores se for definido apenas um número limitado de requisitos para a continuidade do projeto, onde corre-se o risco de deixar para trás alguns relevantes. Uma avaliação mais minuciosa, procurando auxílio de um grupo multidisciplinar, diminui a possibilidade destes equívocos.

A utilização de duas Casas da Qualidade, cada qual com graus de importância diferentes para as necessidades, diminui esta complexidade de avaliação, já que fornecem duas classificações diferentes para os requisitos. Com base em

experiências práticas, é possível determinar uma classificação que mais se aproxime das características necessárias ao equipamento.

Na elaboração das especificações de projeto, onde os requisitos são listados conforme a classificação fornecida pela Casa da Qualidade 1 (figura 3.8), são definidas as metas que se deseja alcançar. Aqui exige-se os conhecimentos de engenharia e das necessidades dos clientes e do mercado para que possam ser definidas as metas a serem atingidas. As especificações de projeto são pré-requisitos para a escolha das características funcionais e do princípio de solução mais adequados para o equipamento separador de dejetos, destacados no próximo capítulo deste trabalho.

CAPÍTULO IV

PROJETO CONCEITUAL

4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento conceitual do separador de sólidos de dejetos, partindo das especificações de projeto definidos no capítulo anterior.

Conforme Ferreira [53], o projeto conceitual “é a etapa do projeto que gera, a partir de necessidades detectadas e esclarecidas, uma concepção para um produto que atenda, da melhor maneira possível, esta necessidade, sujeito às limitações de recursos e às restrições de projeto”. Já French [54] cita que o projeto conceitual “é a fase que exige as maiores demandas do projetista e onde há maiores possibilidades para grandes melhorias. Nesta fase a ciência de engenharia, conhecimento prático, métodos de produção e aspectos comerciais são considerados, e as mais importantes decisões de projeto são tomadas”.

No projeto conceitual é onde se definem as características funcionais e uma concepção para o produto, sendo esta última um esboço simplificado que proporciona uma idéia geral do produto.

Como primeiro passo desde capítulo são definidas as características funcionais do produto, ou seja, as relações existentes entre as entradas e saídas do sistema de separação de sólidos de dejetos. Aqui são definidas a função total (principal função), funções parciais alternativas (intermediárias) e funções elementares alternativas (não podem ser mais desdobradas) para se chegar à uma estrutura de função ideal, que determine as características funcionais do produto.

Na sequência são definidos princípios de solução para as subfunções (funções elementares) da estrutura funcional escolhida. Utilizando a metodologia da matriz morfológica, são relacionados os vários princípios de soluções alternativas para cada subfunção, seguido de uma tabela com várias combinações diferentes de tais princípios. Por fim é selecionada a combinação de princípios que melhor atenda as especificações de projeto e necessidades dos clientes.

Tanto para a escolha da melhor estrutura funcional como para a escolha da combinação de princípios mais adequada foi utilizado uma metodologia de estimativa de custos de produtos no projeto conceitual, proposta por Ferreira [55]. Nesta metodologia são

analisadas as diversas estruturas funcionais e as alternativas de concepção, tendo em vista os requisitos técnicos e especificações de custos. Assim tem-se uma tomada de decisão mais criteriosa e sistemática, com base em maiores informações, ao contrário das práticas de tomada de decisão usuais.

4.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DO PRODUTO

4.2.1 Função técnica total

Neste item é expressa a principal função do separador de sólidos (figura 4.1), indicando as entradas (agrupadas no lado esquerdo) e as saídas (agrupadas no lado direito) do sistema. A função técnica total - **separar dejetos** - é um resumo funcional do que deve se esperar do produto [53]. As entradas do sistema são a energia, dejetos suíno e informações (sinal) e como saída tem-se, além das informações, a perda de energia (em forma de calor, vibrações, ruído) e o material (dejetos sólido e líquidos separados).

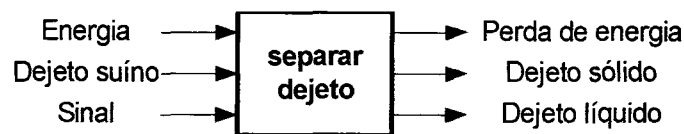


Figura 4.1 – Função técnica total.

A função técnica total é elaborada a partir das especificações de projeto e serve como ponto de partida para a elaboração das estruturas funcionais alternativas do produto.

4.2.2 Estruturas de funções alternativas

A fim de diminuir a complexidade, facilitando a busca de soluções e proporcionando um melhor entendimento do problema do projeto, a função total é decomposta em estruturas de funções parciais (figura 4.2) e estruturas de funções elementares (figuras 4.3 à 4.7). As estruturas de funções parciais são intermediárias entre as estruturas de funções elementares (estruturas mais detalhadas) e a função total (mais genérica).

As funções parciais e elementares foram elaboradas baseando nos requisitos de projeto e necessidades dos clientes, e tem como ponto de partida a função técnica total. No capítulo II deste trabalho foram elaboradas as estruturas de funções elementares dos equipamentos separadores existentes no mercado e na literatura e, estas informações, também serviram como base na elaboração das estruturas de funções parciais e elementares alternativas para o projeto conceitual.

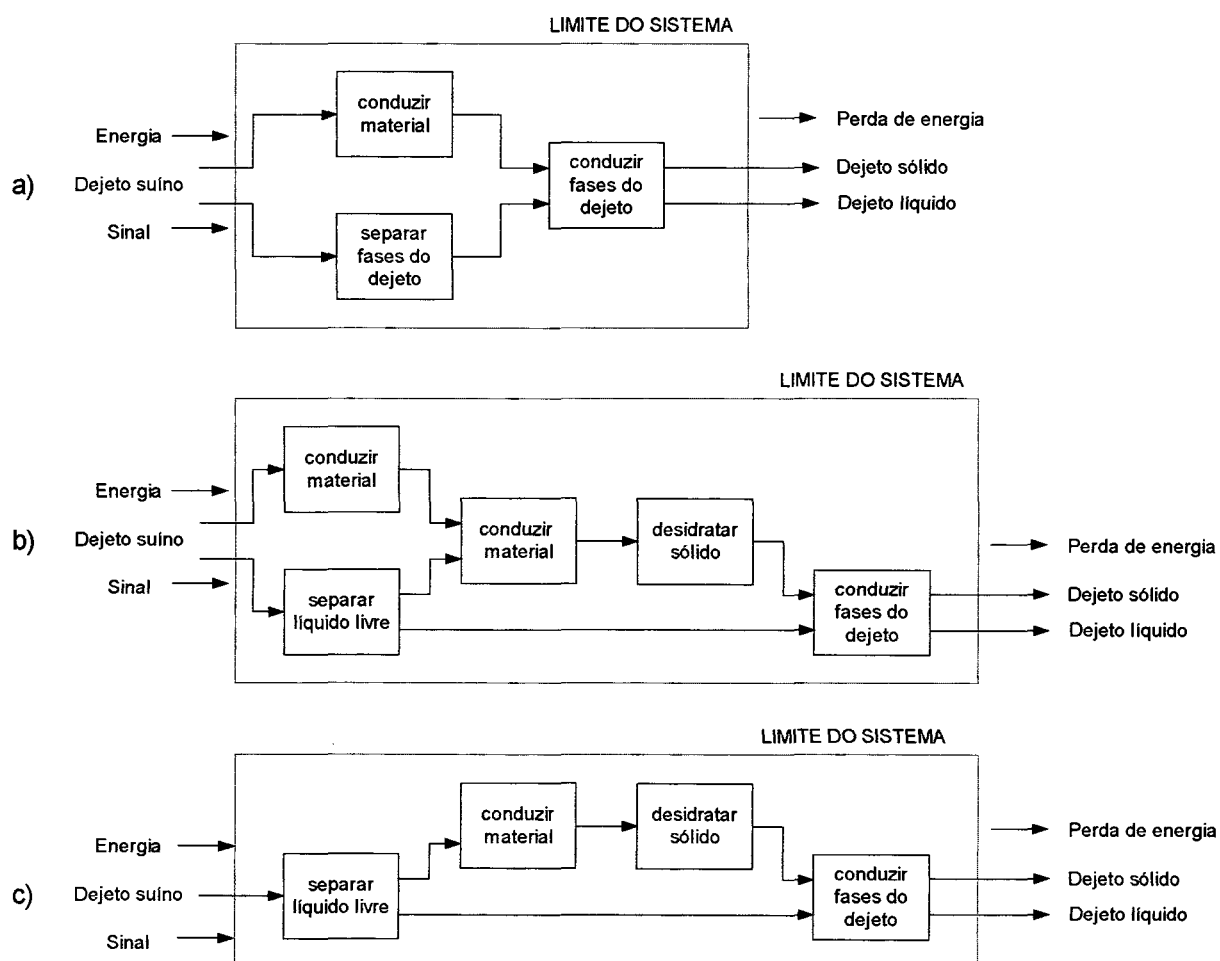


Figura 4.2- Estruturas de funções parciais alternativas.

Analisando as estruturas de funções parciais alternativas tem-se duas funções importantes, que é separar fases e conduzir material (dejeto) da entrada até a saída. Na primeira estrutura (figura 4.2 a) tem-se as duas funções ocorrendo em paralelo (ao mesmo tempo). Já a segunda estrutura (figura 4.2 b) divide a função separar dejetto em outras duas (separar líquido livre e desidratar sólido), e a função conduzir está em paralelo apenas com a separar líquido livre, ocorrendo também após cada fase de separação. A

terceira estrutura (figura 4.2 c) difere da segunda na função conduzir material, que não ocorre em paralelo, mas apenas após cada fase de separação.

Partindo das três funções parciais, foram propostas cinco estruturas de funções elementares alternativas, com maiores detalhes, sendo divididas em funções mais simples, denominadas de subfunções e funções auxiliares. As funções são desdobradas até um nível de complexidade que permita a associação de princípios de solução.

A partir da primeira estrutura de função parcial (figura 4.2 a) elaborou-se três alternativas de funções elementares. Na primeira (figura 4.3) tem-se a alimentação do sistema como primeira função, e a função separar fases foi desdobrada nas subfunções separar líquido livre e desidratar sólido (retirar o líquido impregnado nas partículas sólidas). Como subfunção auxiliar do fluxo de energia tem-se a produção de movimento por uma fonte de energia estacionária e a regulação de velocidade de movimento. No fluxo de sinais tem-se as subfunções regular vazão de entrada de dejetos, conforme capacidade do equipamento, e regular a umidade do sólido na etapa de desidratação, deixando-o com umidade ideal para o seu manejo.

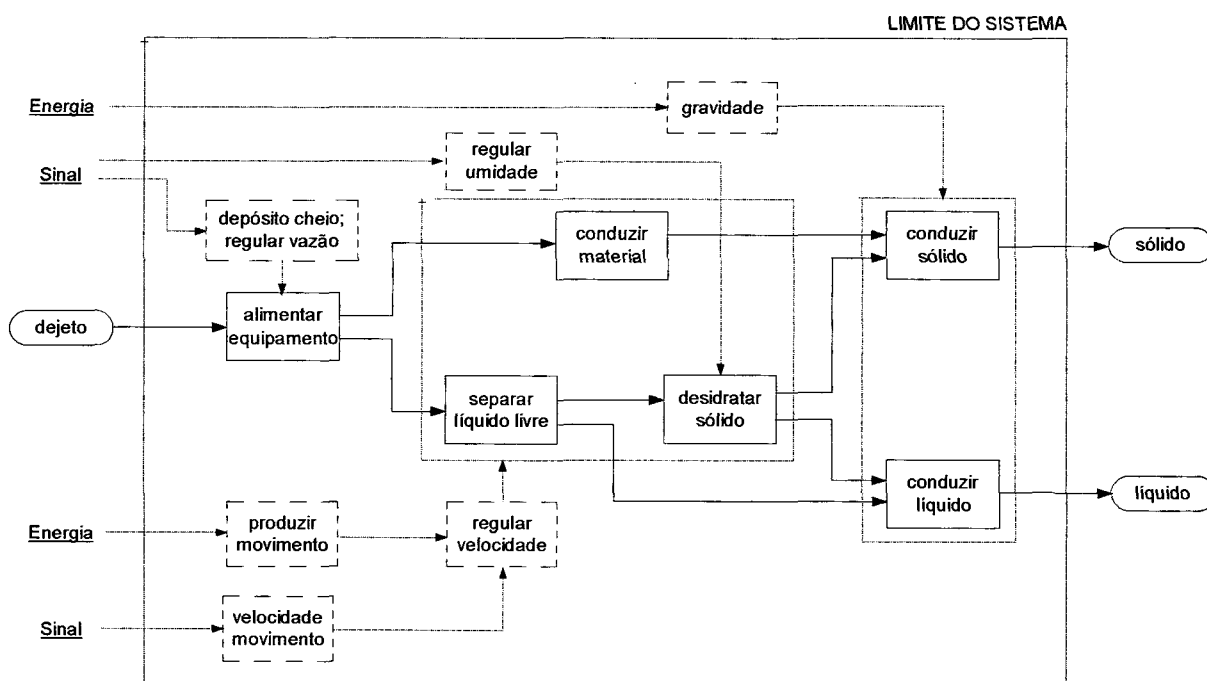


Figura 4.3 – Estrutura de função elementar alternativa I.

A segunda alternativa (figura 4.4) difere da primeira na separação do dejetos, que aqui é feita em apenas uma subfunção (como é o caso das centrífugas). Não ocorre a subfunção regular umidade do sólido, que é feita pela subfunção regular velocidade (é a

velocidade de funcionamento de uma centrífuga que determina a umidade do sólido separado).

A terceira alternativa (figura 4.5) difere da primeira por possuir uma subfunção homogeneizar dejetos antes da separar líquido livre (caso similar ao equipamento FAN – item B.8 – 2.2.1.1 do capítulo II).

Partindo-se da segunda estrutura de função parcial (figura 4.2 b) tem-se uma quarta estrutura de função elementar alternativa (figura 4.6), que difere da primeira (figura 4.3) pelo fato da subfunção conduzir material ocorrer em paralelo apenas com a primeira fase de separação (separar líquido livre), ou seja, o líquido livre é separado enquanto o dejetos é transportado. Depois a subfunção conduzir material segue até a desidratar sólido, que ocorre sem transporte. Aqui a função parcial conduzir fases é separado em remover sólido do local onde é desidratado, conduzir este sólido para fora do equipamento e conduzir o dejetos líquido separado também para fora.

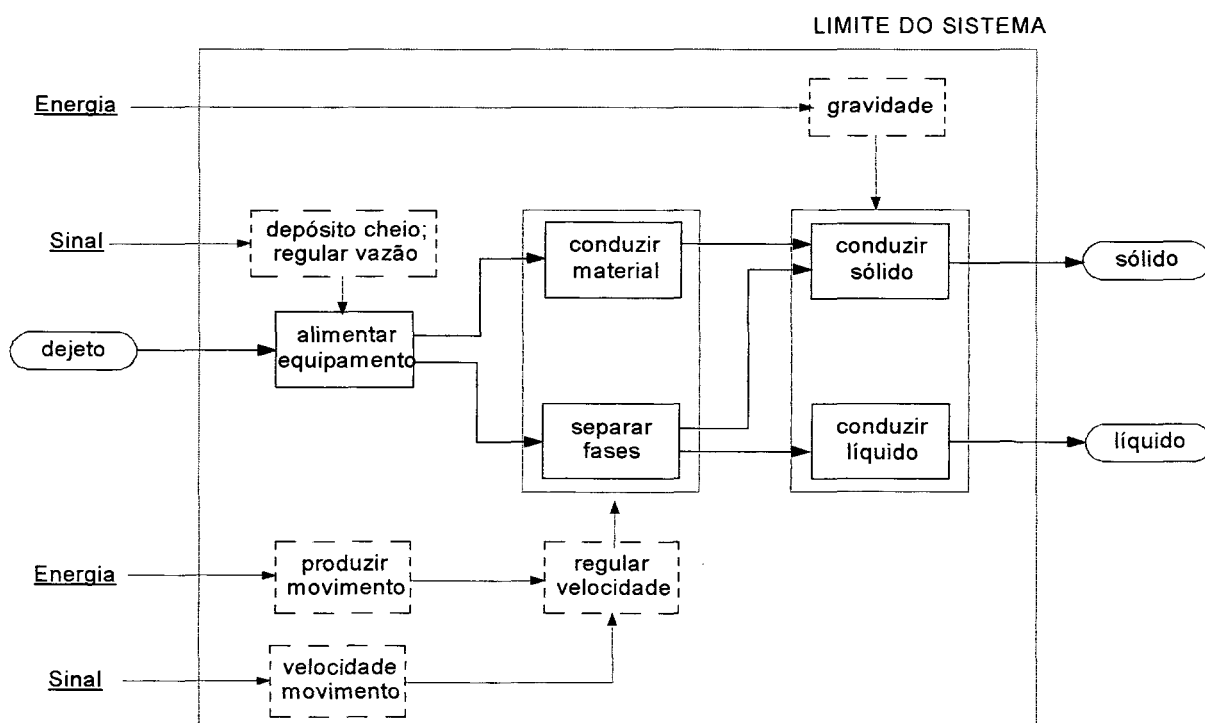


Figura 4.4 – Estrutura de função elementar alternativa II.

A quinta estrutura de função elementar alternativa (figura 4.7), baseada na terceira estrutura de função parcial (figura 4.2 c), difere da anterior (figura 4.6) pela subfunção conduzir material, que não ocorre em paralelo com a separar líquido livre, e é substituída pela subfunção remover dejetos sólidos. Aqui um dispositivo remove o sólido do dispositivo separador de líquido livre, após ocorrer a primeira etapa de separação, e

coloca-o num outro dispositivo que vai efetuar a desidratação do sólido (segunda etapa de separação).

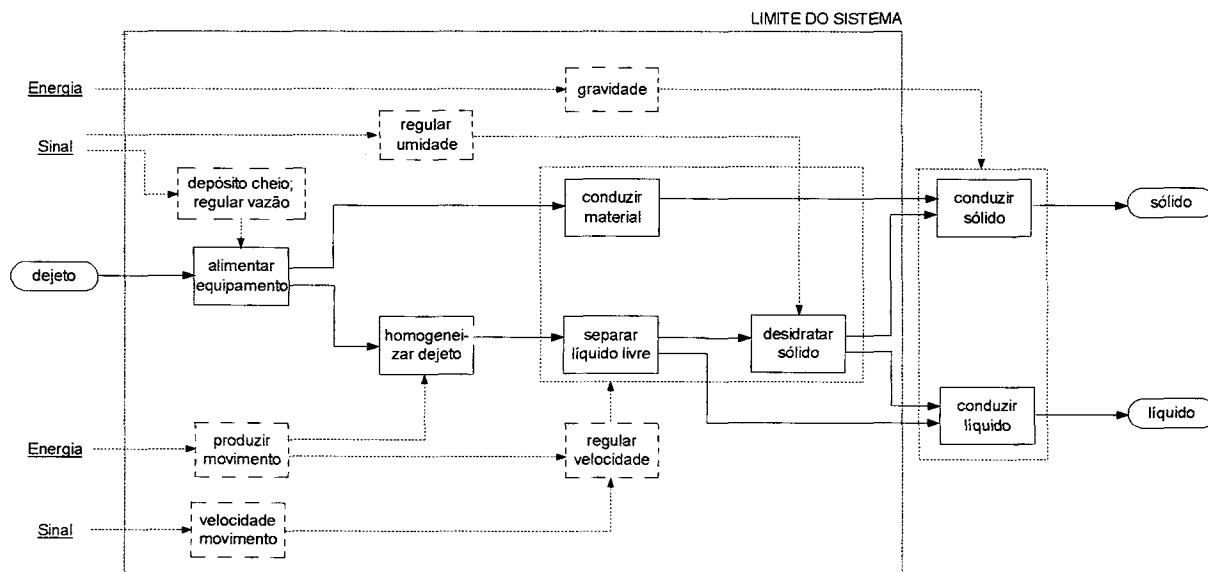


Figura 4.5 – Estrutura de função elementar alternativa III.

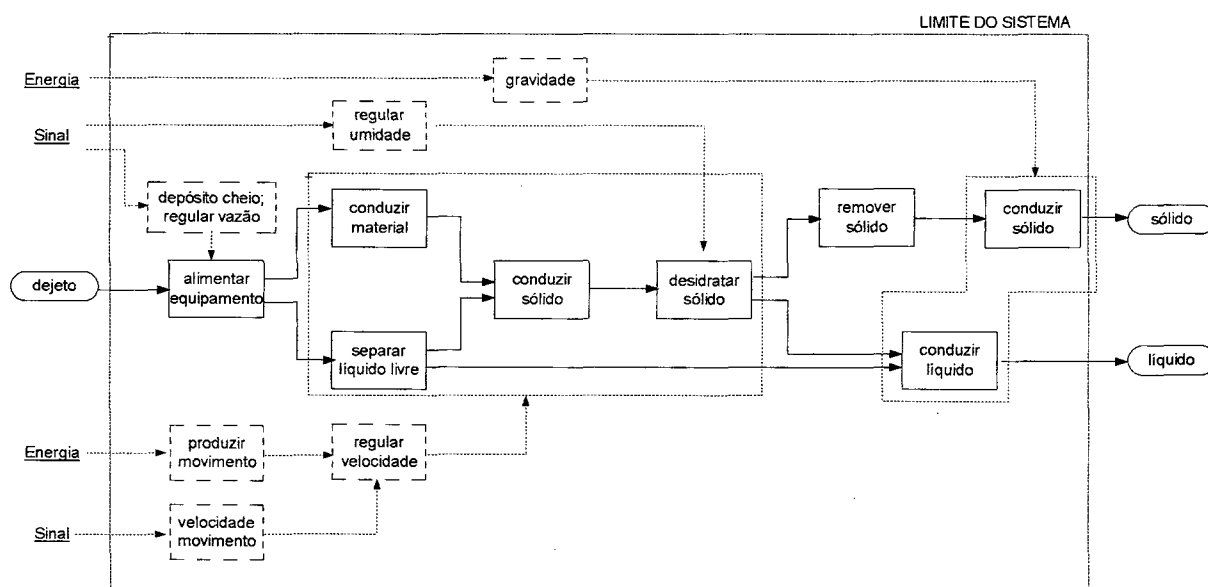


Figura 4.6 – Estrutura de função elementar alternativa IV.

Neste trabalho foram apresentadas e discutidas cinco alternativas de funções que apresentassem viabilidade para o projeto do separador de dejetos. O próximo passo é escolher, dentre elas, uma que apresente melhor viabilidade técnica e econômica.

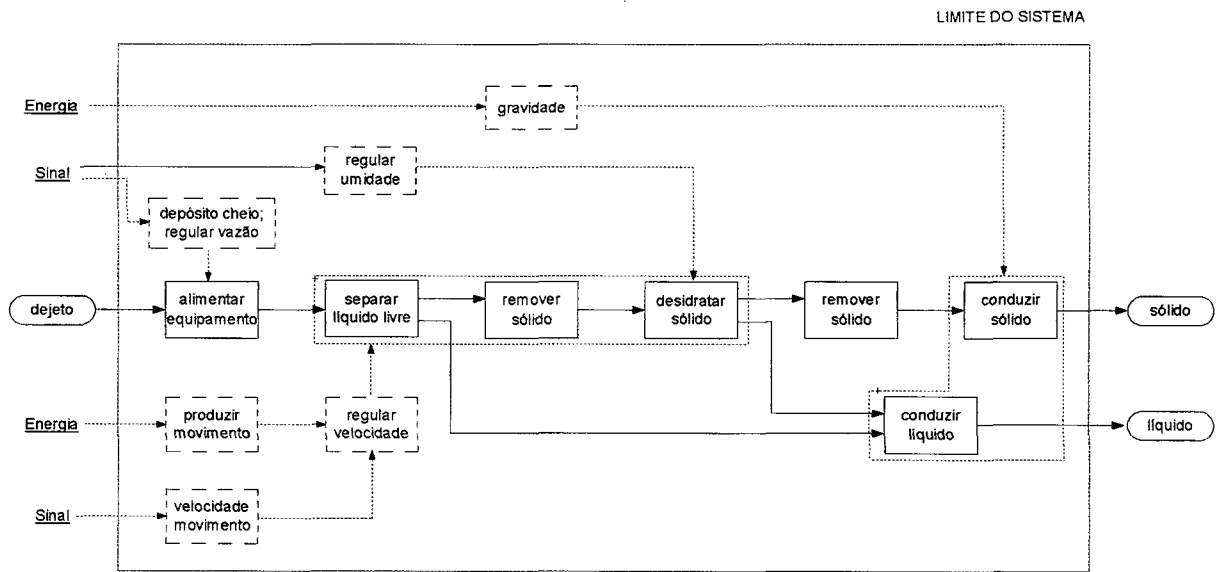


Figura 4.7 – Estrutura de função elementar alternativa V.

4.3 SELEÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL MAIS ADEQUADA

Para a escolha da melhor estrutura funcional, ou seja, aquela com melhor viabilidade do ponto de vista técnico e econômico, foi utilizada a metodologia de estimativa de custos de produtos no projeto conceitual, proposta por Ferreira [55]. Este autor propõe a seleção da estrutura funcional através de uma matriz de decisão, que analisa cada requisito técnico e de custo (determinados no capítulo III). O anexo B traz o desenvolvimento de cada passo desta metodologia e a definição de valores e fórmulas utilizadas cabendo, neste capítulo, apenas a representação da matriz de decisão (tabela 4.1), com os respectivos índice de desempenhos técnicos e de custos, de cada estrutura de função.

Tabela 4.1 – Matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da estrutura funcional

Matriz de Decisão		Estruturas funcionais				
Req. técnicos e especificações de custos		I	II	III	IV	V
Requisitos técnicos	PR _{RTm}	Avaliação técnica das estruturas				
Eficiência de separação	6,90	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Teor de líquido no sólido separado	5,17	⊙	*	⊙	⊙	⊙
Formas de alimentação do eqpto.	5,05	⊙	⊙	⊙	⊙	*
Capacidade de separação	4,88	⊙	*	○	⊙	○
Resistência 6 h/dia/300 dias	4,45	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Fontes alternativas de energia	4,42	⊙	○	○	○	○
Potência de operação	4,39	⊙	*	*	○	○

Tabela 4.1 – Matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da estrutura funcional
(continuação)

Matriz de Decisão		Estruturas funcionais				
Req. técnicos e especificações de custos		I	II	III	IV	V
Requisitos técnicos	PR _{RTM}	Avaliação técnica das estruturas				
Tempo necessário para fabricação	4,10	○	○	*	*	*
Tempo necessário para montagem	4,10	⊙	⊙	○	○	○
Número de funções intermediárias	3,90	○	⊙	*	*	*
Frequência de manutenção	3,78	○	*	○	○	○
Processos de fabricação	3,52	○	○	○	○	○
Resistência à corrosão	3,44	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Peças padronizadas	3,23	○	○	○	○	○
Peso do equipamento	3,20	⊙	⊙	*	○	○
Volume do equipamento	2,92	⊙	⊙	○	*	○
Peças recicláveis e reutilizáveis	2,83	○	○	○	○	○
Componentes modulares	2,77	○	○	○	○	○
Número de partes desmontáveis	2,74	○	○	○	○	○
Número de partes móveis expostas	2,57	○	⊙	*	*	*
Número de operadores necessários	2,45	⊙	⊙	○	○	○
Condições de falhas	2,19	○	*	○	○	○
Tempo necessário para treinamento	1,99	⊙	○	○	○	○
Qtde. de refugos na fabricação	1,96	○	○	*	*	*
Tempo de garantia	1,93	○	○	○	○	○
Peças de reposição	1,91	○	○	○	○	○
Número de comandos	1,70	⊙	⊙	○	○	○
Pontos de engate para transporte	1,67	○	○	○	○	○
Nível de vibração	1,65	⊙	*	*	○	○
Tempo necessário para manutenção	1,59	○	○	*	*	*
Número de cantos vivos	1,10	○	⊙	○	○	○
Nível de ruído	1,04	○	○	○	○	○
Comandos normalizados	0,46	○	○	○	○	○
Índice de Desempenho Técnico (IDT _j)		783,55	620,66	531,61	581,29	523,12
Especificações de custos	ECR _n	Avaliação de custos das estruturas				
Custo de aquisição	24,46	●	↑	↑	●	●
Custo de peças e componentes	13,48	↑	↑	↑	↑	↑
Custo de fabricação	12,68	●	●	●	↑	↑
Custo de manutenção	12,05	●	↑	●	●	●
Custo de montagem	10,45	↓	●	●	●	●
Custos de testes e avaliação	9,02	●	↑	●	●	●
Custo de operação	8,13	↓	↑	●	↓	↓
Custo de modificação	5,09	●	●	↑	↑	↑
Custo de descarte	4,64	●	●	↑	↑	↑
Índice de custos (IDC _j)		493,08	835,25	738,35	646,93	646,93
Relação entre o IDT _j e o IDC _j		1,59	0,74	0,72	0,90	0,81

Legenda: Requisitos técnicos

⊙ → desempenho excelente

=10

○ → desempenho satisfatório

= 5

*

= 1

Especificações de custos

↑ → custo alto

=10

● → custo médio

= 5

↓ → custo baixo

= 1

Com a análise da matriz de decisão (tabela 4.1), escolhe-se a melhor estrutura funcional, buscando uma estrutura com elevados índices de desempenho técnico (IDT_j), para satisfazer as necessidades dos agricultores quanto ao tratamento de dejetos em suas propriedades. A estrutura também deve possuir um índice de custos (IDC_j) baixo, pois o projeto destina-se aos pequenos e médios agricultores, a maioria com poucos recursos financeiros disponíveis. Resumindo, a estrutura a ser escolhida é a que apresentar uma maior relação IDT_j/IDC_j . Com base nisto foi escolhida a primeira alternativa para dar continuidade ao projeto do separador de sólidos de dejetos.

4.4 GERAÇÃO DE CONCEPÇÕES - MATRIZ MORFOLÓGICA

Para a geração de soluções alternativas para a estrutura de função escolhida é utilizado o método da matriz morfológica, explicado por Back [56]. Esta metodologia consiste numa pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o projeto em questão.

Analisando a estrutura de função escolhida, tem-se 6 subfunções (funções elementares) para o funcionamento do equipamento que são: alimentar equipamento; conduzir material; separar líquido livre; desidratar sólido; conduzir sólido e conduzir líquido. Também tem-se 4 funções auxiliares: produzir movimento; reduzir velocidade de movimento (transferir potência); regular vazão de entrada de dejetos e regular umidade do dejetos sólido na desidratação.

As funções podem sofrer desdobramento quanto à forma em que são feitas e que tipos de dispositivos ou princípios poderão ser utilizados. Com base no levantamento do estado da arte (capítulo II deste trabalho), nos requisitos de projeto e sua classificação e nos conhecimentos adquiridos na área, foi elaborado, para cada subfunção, uma listagem de diversos princípios de solução, descritos abaixo:

a) Alimentar equipamento

a.1 - dispositivo regulador de vazão:

- registro, no caso de alimentação por bombeamento;
- comporta (gaveta) no caso de alimentação por gravidade ou
- estrangulamento da tubulação de entrada no caso de bombeamento.

a.2 - sentido de alimentação (entrada de dejetos no equipamento):

- vertical;
- horizontal ou
- inclinado.

a.3 - formato da entrada (removível para adaptação de diferentes entradas):

- funil redondo (cônico), para alimentação por gravidade;
- funil retangular, para alimentação por gravidade;
- tubulação em forma de "T" para retornar excesso, no caso de bombeamento sem registro na tubulação ou
- tubulação simples, em bombeamento com registro.

b) Produzir movimento

b.1 - fonte de energia:

- motor elétrico;
- motor à combustão interna ou
- calor, como a utilização de um forno, por exemplo.

b.2 - tipo de acionamento do sistema:

- manual ou
- automático (liga quando depósito de dejetos atingir um nível máximo e desliga quando atingir um nível mínimo).

c) Regular velocidade de movimento (transferir potência) - redutores de velocidade:

- redutor;
- engrenagens;
- correias e polias;
- correntes e roda dentada ou
- eixo cardã.

d) Conduzir material (dejetos) durante as etapas de separação

d.1) tipo de dispositivo:

- fuso (caracol) cônico;
- fuso cilíndrico;
- esteira de tela;
- raspadores movimento circulares;
- pistão anular;
- peneira cilíndrica rotativa ou
- esteira com raspadores.

d.2) sentido de transporte:

- vertical;
- horizontal;
- inclinado ou
- rotatório.

e) Separar líquido livre:

- peneira cilíndrica rotativa;
- peneira cilíndrica fixa;
- peneira côncava;
- esteira de tela;
- peneira plana fixa ou
- peneira cônica fixa.

f) Desidratar sólido (tirar excesso de líquido impregnado no sólido)

f.1) dispositivo separador:

- par de roletes (inferior perfurado);
- conjunto fuso e anteparos prensores flexíveis;
- conjunto pistão anular horizontal e anteparos prensores flexíveis;
- calor, por exemplo forno;
- sistema roletes com correia envolta neles ou
- sistema roletes com haste de suporte.

f.2) regulador de umidade (regula pressão de prensagem dos sólidos, determinando a umidade adequado destes):

- contrapesos;
- molas;
- parafuso de protensão ou
- temperatura do forno x velocidade de deslocamento do material.

g) Conduzir sólido

g.1) dispositivo condutor:

- raspador;
- gravidade;
- tubulação ou
- esteira com raspador.

g.2) sentido de fluxo:

- vertical;
- horizontal;
- inclinado ou
- rotatório.

h) Conduzir líquido

h.1) dispositivo condutor:

- tubulação ou

- gravidade.

h.2) sentido de fluxo:

- vertical;
- horizontal ou
- inclinado.

i) Estrutura do equipamento:

- Chapas, tubos e cantoneiras metálicas que envolvem o equipamento e suportem os dispositivos, com leiaute diferenciado, conforme princípio de separação das fases de dejetos.

Depois de listados os princípios de solução, estes são organizados de forma gráfica na matriz morfológica (tabela 4.2). Na primeira e segunda coluna da matriz lista-se a sequência de subfunções com os seus desdobramentos. A partir da terceira coluna busca-se representar graficamente princípios de solução listados anteriormente, para cada desdobramento das subfunções. A matriz gráfica traz a grande vantagem de facilitar a combinação e análise de concepções alternativas e a montagem de leiaute da concepção final.

4.5 GERAÇÃO DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Com base nos princípios de solução representados graficamente na matriz morfológica (tabela 4.2), desenvolveu-se seis combinações de concepções alternativas (tabela 4.3). Para a elaboração das seis concepções diferentes foi levado em conta a compatibilidade com as necessidades e requisitos técnicos de projeto, assim como as especificações de custos já definidos.

As seis concepções propostas (tabela 4.3) diferem basicamente no seu princípio de funcionamento, ou seja, nos dispositivos de condução de material (dejetos), separação do líquido livre, desidratação e condução do sólido, como se segue:

- **concepção alternativa I** - tem-se o uso de um fuso de baixa rotação trabalhando na horizontal, que conduz o dejetos através do equipamento. A separação do líquido livre é feita por uma peneira cilíndrica fixa que envolve externamente o fuso. A prensagem do sólido é feita pelo movimento do fuso em conjunto com anteparos prensadores, localizados na saída de sólidos, onde a pressão de prensagem é regulada por contrapesos. O sólido se desloca para fora do equipamento por gravidade;

Tabela 4.2 – Matriz morfológica para o separador de dejetos animais

Subfunções		Princípios de solução						
a) Alimentar equipamento	dispositivo regulador de vazão							
	sentido de alimentação							
	formato de entrada							
b) Produzir movimento	fonte de energia							
	tipo de acionamento	manual 	automático 					
c) Transferir potência								
d) Conduzir material	tipo de dispositivo							
	sentido de transporte							
e) Separar líquido livre								
f) Desidratar sólido	dispositivo desidratador							
	regulador de umidade				Temperatura x velocidade desl.			
g) Conduzir sólido	dispositivo condutor							
	sentido de fluxo							
h) Conduzir líquido	dispositivo condutor							
	sentido de fluxo							
i) Estrutura equipamento								

Tabela 4.3 – Concepções alternativas

Subfunções		Concepções alternativas					
		I	II	III	IV	V	VI
a) Alimentar equipamento	dispositivo regulador de vazão						
	sentido de alimentação						
	formato de entrada						
b) Produzir movimento	fonte de energia						
	tipo de acionamento	 manual	 manual	 manual	 manual	 manual	 manual
c) Transferir potência							
d) Conduzir material	tipo de dispositivo						
	sentido de transporte						
e) Separar líquido livre							
f) Desidratar sólido	dispositivo desidratador						
	regulador de umidade						
g) Conduzir sólido	dispositivo condutor						
	sentido de fluxo						
h) Conduzir líquido	dispositivo condutor						
	sentido de fluxo						
i) Estrutura equipamento							

- **concepção alternativa II** - a condução do dejetos é feita por raspadores com suporte, atuando na superfície de duas peneiras côncavas. Na primeira peneira é separado o líquido livre e na segunda peneira, pela ação de roletes prensores, o dejetos sólido é desidratado. A pressão dos roletes é regulada por molas e o sólido sai do equipamento por gravidade;
- **concepção alternativa III** - tem-se uma peneira cilíndrica rotativa que conduz o material e separa o líquido livre. A desidratação do sólido é feita por três roletes, envoltos por uma lona ou correia, que atua na parte externa da peneira. A pressão do sólido é regulada por molas e o sólido é conduzido para fora do equipamento por um raspador;
- **concepção alternativa IV** - difere da terceira apenas no dispositivo desidratador de sólidos que aqui é feito por um par de roletes, sendo que um trabalha no interior da peneira cilíndrica;
- **concepção alternativa V** - difere da concepção alternativa III na condução do material e na separação do líquido livre, que aqui são feitas por uma esteira de tela trabalhando horizontalmente, e no dispositivo desidratador, que aqui é o mesmo da concepção alternativa IV e
- **concepção alternativa VI** - é similar à concepção V, diferindo apenas no dispositivo desidratador de sólidos, que aqui é o mesmo da concepção III.

4.6 SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO MAIS ADEQUADA

Para a escolha da melhor concepção também foi utilizada a metodologia de estimativa de custos de produtos no projeto conceitual, proposta por Ferreira [55]. Nesta etapa Ferreira [55] recomenda a realização de uma seleção preliminar, através de uma matriz de decisão (tabela 4.4) similar à tabela 4.1. O anexo C traz todo o desenvolvimento da metodologia de Ferreira [55], proposta para a escolha da concepção com melhores requisitos técnicos e de custos.

Tabela 4.4 - Matriz de decisão das alternativas de concepção

Matriz de Decisão		Concepções alternativas					
		I	II	III	IV	V	VI
Requisitos técnicos	PR _{RTm}	Avaliação técnica das concepções					
Eficiência de separação	6,90	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Teor de líquido no sólido separado	5,17	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
Formas de alimentação do eqpto.	5,05	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Capacidade de separação	4,88	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Resistência 6 h/dia/300 dias	4,45	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○

Tabela 4.4 - Matriz de decisão das alternativas de concepção (continuação)

Matriz de Decisão		Concepções alternativas					
		I	II	III	IV	V	VI
Requisitos técnicos	PR_{RTH}	Avaliação técnica das concepções					
Fontes alternativas de energia	4,42	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Potência de operação	4,39	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Tempo necessário para fabricação	4,10	*	⊙	⊙	*	○	○
Tempo necessário para montagem	4,10	⊙	○	○	○	○	○
Número de funções intermediárias	3,90	○	○	○	○	○	○
Frequência de manutenção	3,78	⊙	⊙	○	○	*	*
Processos de fabricação	3,52	*	⊙	⊙	*	○	○
Resistência à corrosão	3,44	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Peças padronizadas	3,23	○	○	○	○	○	○
Peso do equipamento	3,20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Volume do equipamento	2,92	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○
Peças recicláveis e reutilizáveis	2,83	○	○	○	○	○	○
Componentes modulares	2,77	○	○	○	○	○	○
Número de partes desmontáveis	2,74	○	○	○	○	○	○
Número de partes móveis expostas	2,57	⊙	○	*	*	*	*
Número de operadores necessários	2,45	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Condições de falhas	2,19	⊙	⊙	○	○	*	*
Tempo necessário para treinamento	1,99	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Qtde. De refugos na fabricação	1,96	○	○	○	○	○	○
Tempo de garantia	1,93	○	○	○	○	*	*
Peças de reposição	1,91	⊙	⊙	○	○	*	*
Número de comandos	1,70	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Pontos de engate para transporte	1,67	○	○	○	○	○	○
Nível de vibração	1,65	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Tempo necessário para manutenção	1,59	⊙	⊙	○	*	*	*
Número de cantos vivos	1,10	○	○	○	○	○	○
Nível de ruído	1,04	○	○	○	○	○	○
Comandos normalizados	0,46	○	○	○	○	○	○
Índice de Desempenho Técnico (IDT _j)		791,32	858,50	790,87	690,08	644,47	708,42
Especificações de custos	ECR_{ji}	Avaliação de custos das concepções					
Custo de aquisição	24,46	↑	●	●	●	●	●
Custo de peças e componentes	13,48	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Custo de fabricação	12,68	↑	●	●	↑	↑	↑
Custo de manutenção	12,05	↓	↓	●	●	↑	↑
Custo de montagem	10,45	↓	●	●	●	●	●
Custos de testes e avaliação	9,02	●	●	●	●	●	●
Custo de operação	8,13	●	↓	↓	↓	↓	↓
Custo de modificação	5,09	●	●	●	●	●	●
Custo de descarte	4,64	●	●	●	●	●	●
Índice de custos (IDC _j)		663,10	486,68	534,88	598,28	658,53	658,10
Relação entre o IDT _j e o IDC _j		1,19	1,76	1,48	1,15	0,98	1,08

Legenda: Requisitos técnicos

- ⊙ → desempenho excelente = 10
 ○ → desempenho satisfatório = 5
 * → desempenho fraco = 1
 ↑ → custo alto = 10
 ● → custo médio = 5
 ↓ → custo baixo = 1

Especificações de custos

Pela matriz de decisão (tabela 4.4) chegou-se às alternativas I, II e III como as melhores (melhor relação entre IOT_j e IDC_j). A partir destas escolhas, seguindo a metodologia de Ferreira [55], foi determinado as características das alternativas de concepção e a estimativa de custos destas alternativas, que se encontram passo a passo no anexo C.

A tabela 4.5 mostra um resumo do custo estimado do ciclo de vida, soma dos custos da produção até o do descarte do equipamento, das três alternativas de melhor desempenho técnico.

Tabela 4.5 – Estimativa do custo do ciclo de vida das alternativas de concepção

	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
• Custo de produção ⁽¹⁾ :			
- entrada do equipamento	62,84	62,84	62,84
- fonte de energia	152,00	99,00	99,00
- acionamento do sistema	90,00	90,00	90,00
- transferência de potência	228,50	376,00	516,00
- condução do material	1.012,50	346,00	80,00
- separação do líquido livre	712,50	430,80	913,70
- desidratação de sólidos	120,00	680,80	395,00
- estrutura do equipamento	855,00	855,00	855,00
Custo total de Produção	3.232,34	2.940,44	3.011,54
• Custo de operação ⁽²⁾	1.939,40	1.764,26	1.806,92
• Custo de manutenção ⁽²⁾	1.939,40	1.764,26	1.806,92
• Custo de testes e avaliação ⁽³⁾	149,33	135,85	139,13
• Custo de modificação ⁽⁴⁾	99,56	90,57	92,75
• Custo de descarte ⁽³⁾	149,33	135,85	139,13
Custo estimado do ciclo de vida	7.509,36	6.831,23	6.996,39

(1) - Custo de produção = custo de material + custo de fabricação + custo de Montagem;

(2) - Custo de manutenção e operação = 6,5 % do custo de aquisição/ano x 6 anos de vida útil.
Como custo de produção = 65 % do custo de aquisição, então custo de manutenção e operação = 10 % do custo de produção/ano x 6 anos;

(3) - Custo de testes e avaliação = custo de descarte = 3 % do custo de aquisição = 4,62 % do custo de produção;

(4) - Custo de modificação = 2 % do custo de aquisição = 3,08 % do custo de produção.

Para selecionar a melhor alternativa de concepção do separador de dejetos, dentre as três analisadas, deve-se considerar a avaliação dos requisitos técnicos (tabela 4.4), o valor do custo do ciclo de vida do equipamento estimado na tabela 4.5 e mais o custo meta (custo de aquisição) determinado nas especificações de projeto (tabela 3.3).

Conforme especificações de projeto, a soma dos valores do custo de produção, testes e avaliação e modificação do protótipo totalizam 70 % do custo de aquisição do separador. Então, ao analisar a tabela 4.5, tem-se os custos estimados de

aquisição de R\$ 4.973,19, R\$ 4.524,09 e R\$ 4.633,46, correspondente às alternativas I, II e III respectivamente. Como o custo meta do equipamento é um valor limitado em R\$ 5.000,00, as três alternativas atendem ao requisito custo de aquisição.

Na escolha da melhor alternativa, do mesmo modo que na escolha da melhor estrutura funcional, deve-se optar por uma concepção que apresente menor custo estimado, para que seja acessível aos pequenos agricultores, associado ao melhor desempenho técnico, que otimize o aproveitamento do dejetos.

Analisando a tabela 4.4 observa-se que a alternativa II apresentou maior índice de desempenho técnico ($IDT_j = 858,50$), e a tabela 4.5 também traz a alternativa II como sendo a que apresentou menor custo estimado do ciclo de vida. Portanto a alternativa II foi selecionada por melhor atender aos requisitos técnicos e de custos.

Na concepção escolhida o dejetos é conduzido ao equipamento por gravidade, sendo a regulação da vazão de entrada feita por comporta. A entrada de dejetos no equipamento se dá através de um funil côncavo removível, disposto verticalmente, visando a flexibilidade de utilizar alimentação por bombeamento. A energia de movimento é gerada por um motor elétrico de baixa potência e de acionamento manual. A transmissão de potência e redução da velocidade de movimento se dá por conjunto de polias e correias. O dejetos é conduzido internamente por raspadores com trajetórias circulares, que trabalham sobre duas peneiras côncavas. A primeira peneira separa o líquido livre do dejetos, que entra ininterruptamente no equipamento. Os raspadores da primeira peneira removem o sólido retido nela e deslocam-no até a superfície da segunda peneira. Nesta última a ação de dois roletes, em disposição similar aos raspadores, faz a prensagem do sólido, desidratando-o. Um segundo par de raspadores atuam na segunda peneira, após a ação de cada rolete, removendo o sólido desidratado para fora desta. O líquido separado é retido na parte inferior do equipamento e removido por gravidade, através de uma tubulação. O sólido desidratado também sai do equipamento por gravidade, podendo ser coletado num recipiente. A estrutura do equipamento é composta por chapas metálicas, para coleta do líquido separado e isolamento das partes móveis, e por tubos e cantoneiras de aço, para sustentação das chapas, dos dispositivos e do equipamento como um todo.

A figura 4.8 ilustra os dispositivos de condução e de separação das fases do dejetos, com a disposição de dois raspadores atuando sobre a primeira peneira côncava e dois raspadores e dois roletes atuando sobre uma segunda peneira côncava. Já a figura 4.9 mostra um corte lateral da concepção do equipamento, com o caminho por onde o dejetos é conduzido, desde a entrada do separador até a saída de sólido e líquido, e fornece uma idéia da distribuição dos dispositivos condutores de material e separadores de fases no equipamento. A figura 4.10 ilustra a concepção da estrutura externa do

equipamento, com a disposição do funil de entrada do dejetos, das chapa de isolamento das partes móveis e da estrutura de sustentação do equipamento.

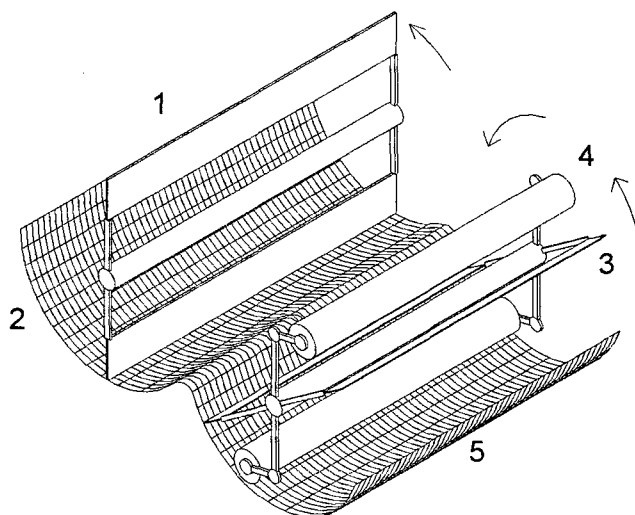


Figura 4.8 – Conceção dos dispositivos condutores de material e separadores de fases de dejetos: 1 – raspador; 2 – primeira peneira; 3 – raspador segunda peneira; 4 – rolete; 5 – segunda peneira

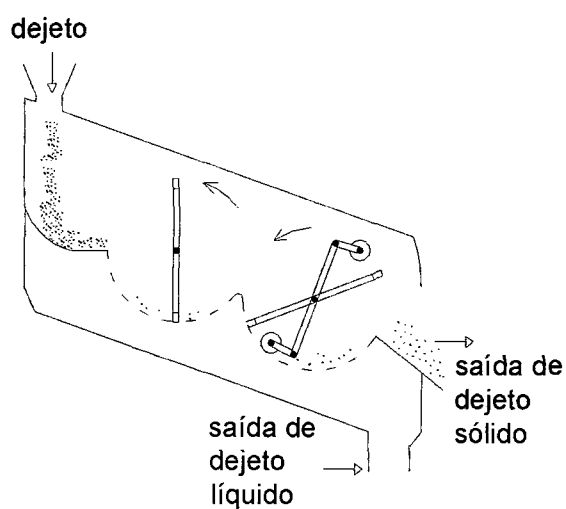


Figura 4.9 – Corte lateral da concepção do separador de sólidos de dejetos.

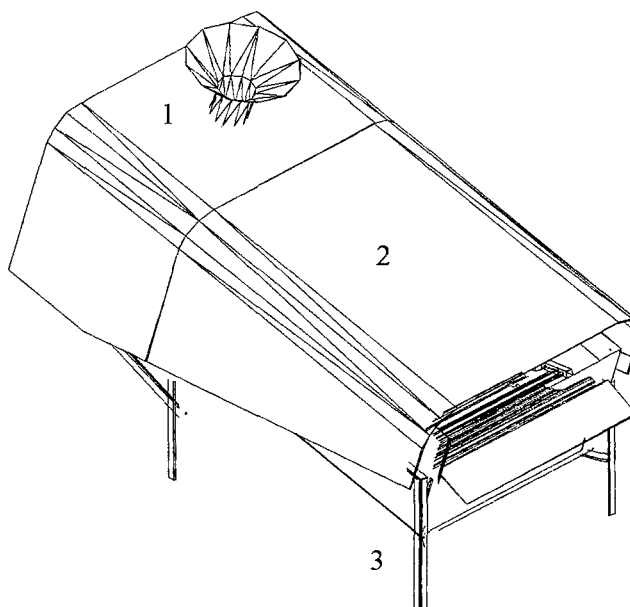


Figura 4.10 – Estrutura externa da concepção do separador de sólidos de dejetos: 1 - funil de entrada do dejetos; 2 - chapa de isolamento das partes móveis; 3 - estrutura de sustentação do equipamento.

4.7 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram elaboradas as estruturas de funções e concepções alternativas de projeto, onde se definiu uma concepção do separador de sólidos de dejetos que melhor atenda os requisitos técnicos e de custos.

Na primeira etapa do projeto conceitual foram elaboradas as características funcionais, que constituíram nos primeiros modelos a incorporar informações a respeito da estrutura do separador. As funções definidas neste passo, apesar de serem uma abstração do funcionamento do equipamento, serviram de base para a elaboração de princípios de solução.

A utilização da metodologia de estimativas de custo, proposto por Ferreira [55], para a escolha da estrutura funcional mais adequada garantiu uma maior sistematização do processo de seleção, pois envolve um maior número de informações (requisitos técnicos e de custos). Apesar desta vantagem, esta metodologia apresentou grandes dificuldades de execução. As estruturas funcionais são abstrações do funcionamento do equipamento, e o nível de detalhamento não é suficiente para a avaliação de muitos requisitos. A utilização da estimativa de custo nesta fase de projeto

requer do projetista um grande conhecimento do funcionamento do equipamento. Também requer, das empresas envolvidas no projeto, informações mais detalhadas sobre o produto, resgatadas em bancos de dados e/ou provenientes dos sistemas de gerenciamento.

A aplicação da ferramenta Matriz Morfológica, na definição de princípios de solução para a estrutura de funções escolhida, proporcionou a visualização gráfica de diferentes possibilidades de funcionamento do equipamento. Nesta fase de projeto, com maior detalhamento do equipamento, tornou-se mais fácil a utilização da Matriz de Decisão, proposta por Ferreira [55], para a escolha da melhor concepção. A avaliação dos requisitos técnicos e de custos, das diferentes concepções alternativas propostas, tem um maior embasamento com os princípios de soluções definidos. Já a estimativa dos custos de produção e do ciclo de vida das três concepções alternativas apresentaram muita dificuldade. O conhecimento apenas dos princípios de funcionamento não fornece detalhes suficientes para se definir o tipo e quantidade de material a ser utilizado e o tempo necessário para fabricação e montagem dos componentes, principalmente para projetistas com pouca experiência. Estas dificuldades se tornam mínimas quando o projetista tem grande experiência na área e tem acesso às informações nos bancos de dados e sistema de gerenciamento de empresas ou instituições afins, em bibliografia e no mercado (preço de materiais).

Com ou sem dificuldades, as estimativas de custos no ciclo de vida do produto, nesta fase do projeto, trazem as vantagens de agregar informações mais detalhadas aos princípios de solução e mostrar a importância e necessidade de realização do planejamento de processos produtivos em conjunto com o processo de desenvolvimento do produto.

A concepção II segue um princípio de funcionamento similar à peneira côncava de dois estágios com roletes, abordado no item B.6 do capítulo II. Neste trabalho procurou-se trabalhar com alternativas de princípios de separação de fases de dejetos já existentes, preocupando-se em adaptá-las aos requisitos de projeto e necessidades dos clientes. Não se tem informações, em relação às concepções de separadores existentes no mercado e em bibliografia, sobre o desenvolvimento de diferentes ferramentas, como o desdobramentos de funções sínteses e o cálculo de custos das concepções, para se chegar à definição de dispositivos que melhor atendam às necessidades técnicas e de custos.

CAPÍTULO V

PROJETO PRELIMINAR/DETALHADO

5.1 INTRODUÇÃO

Nesta etapa do trabalho, a concepção escolhida no projeto conceitual passa a ter um maior detalhamento, com o dimensionamento de componentes.

O projeto preliminar é mais enfatizado que o projeto detalhado, principalmente devido ao fato de que existe a necessidade de se construir e testar (em laboratório e em granjas de suínos) um modelo em escala real, para determinação de diversos parâmetros críticos (níveis de forças entre outros). Devido a não existência de informações na bibliografia sobre forças envolvidas na separação de fases dos dejetos e nem sobre características mecânicas destes, tornou-se necessária a construção deste modelo. Somente após a definição destes parâmetros, obtidos pelos testes do modelo, é que se torna possível efetuar o dimensionamento dos componentes principais (eixos, potência do motor, dentre outros).

Na primeira etapa deste capítulo é descrito o modelo em escala real, utilizando materiais e componentes disponíveis. Os parâmetros críticos de projeto, a serem definidos pelos testes, são listados em paralelo com a definição de cada dispositivo do modelo.

Por fim são destacadas as várias etapas para construção de um modelo em escala real e listadas as dificuldades encontradas durante o processo de fabricação e montagem.

5.2 DESCRIÇÃO DO MODELO EM ESCALA REAL

Neste trabalho partiu-se diretamente à definição e construção de um modelo, para a simulação e testes do seu princípio de funcionamento (duas peneiras côncavas, com raspadores e roletes).

As dimensões das peças para o modelo foram arbitradas, de acordo com material disponível no NeDIP/EMC/UFSC (Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto – Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina), com base em experiências na fabricação de outros equipamentos agrícolas.

Somente os testes indicarão se, por exemplo, os eixos com as dimensões arbitradas irão suportar as forças envolvidas.

Para construção da maioria dos dispositivos do modelo foram utilizados materiais em aço ABNT 1020, e outros, disponíveis no NeDIP. Não foi possível a construção em aço inoxidável (desejável para prevenir contra corrosão, aumentando a vida útil do equipamento) devido à falta de recursos para aquisição dos mesmos.

Na construção do modelo foram considerados os requisitos de projeto que definem as características e dimensões. Dentre eles os de maior influência são: formas de alimentação do equipamento; fontes alternativas de energia; tempo necessário para fabricação e montagem; frequência de manutenção; processos de fabricação; peças padronizadas; peso e volume do equipamento.

Outros requisitos de projeto importantes são parâmetros a serem definidos com os testes do modelo. Dentre eles tem-se os seguintes: custos de aquisição, peças e componentes, fabricação e manutenção; eficiência de separação; teor de líquido no sólido separado; capacidade de separação; ciclo de vida – resistência à corrosão; potência de operação.

A seguir são detalhados os subconjuntos (subfunções) do modelo, de acordo com a concepção escolhida no capítulo anterior.

5.2.1 Subconjunto entrada do equipamento

Como deseja-se testar o princípio de funcionamento e determinar os parâmetros críticos, alguns detalhes da solução escolhida, como o funil de entrada e as chapas que isolam as partes móveis, não foram consideradas na construção do modelo.

Neste modelo o dispositivo de entrada é composta apenas por uma chapa de 2 mm de espessura, curvada e soldada, responsável por coletar o dejetos a ser separado, reduzir a velocidade de entrada deste material e conduzi-lo à primeira peneira. Esta chapa foi fixada à estrutura do equipamento por 2 parafusos M5 x 0,5.

A identificação das partes da chapa de entrada está no desenho 04 (anexo D) e suas dimensões estão especificadas no desenho 04/03 (anexo D). A disposição da chapa no modelo pode ser conferida no desenho 01 (anexo D).

Os **parâmetros críticos**, com relação à entrada de material, a serem observados nos testes do modelo, são:

- a inclinação e comprimento ideal da chapa - suficiente para reduzir a velocidade de entrada do material, evitando que o mesmo seja lançado muito à frente na primeira peneira;

- a direção do material de entrada - a necessidade ou não de direcionar o material mais para o centro da peneira.

5.2.2 Subconjunto condutor de material

Devido à pequena vazão projetada ($5 \text{ m}^3/\text{h}$) foram utilizados apenas dois raspadores para retirar o sólido retido na primeira peneira (primeiro estágio). No segundo estágio também tem-se dois raspadores que atuam, após a prensagem (roletes), removendo o dejetos sólido desidratado da peneira côncava.

As dimensões de cada parte do dispositivo estão representados nos desenhos 03/01, 03/02, 03/03 e 03/04 (anexo D). A figura 5.1 esquematiza a disposição dos diferentes componentes dos raspadores, e o desenho 03 (anexo D) mostra a disposição dos raspadores em relação aos roletes (dispositivo desidratador – segundo estágio). Já o desenho 01 (anexo D) salienta a disposição do conjunto condutor em relação ao restante do modelo.

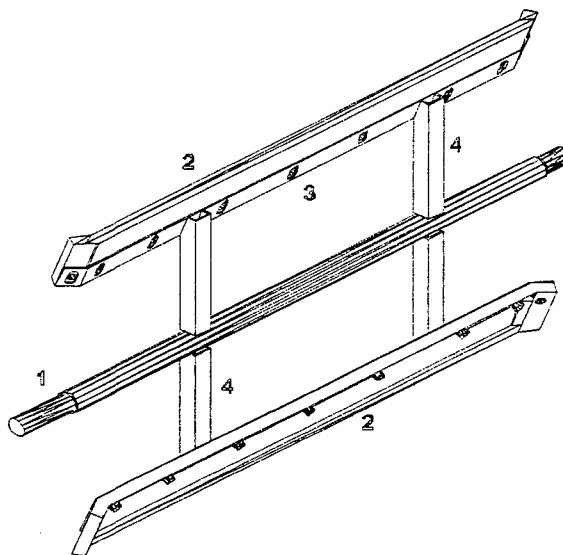


Figura 5.1 – Esquema de disposição dos componentes de um conjunto de raspadores: 1 - eixo; 2 - raspador; 3 – chapa de suporte do raspador; 4 – haste do braço do raspador.

Os raspadores do primeiro estágio são de borracha de 4 mm de espessura e comprimento de 606 mm, inclinados (a inclinação ajuda no deslocamento do material para o segundo estágio) e fixados com parafusos M6 x 1,5, em barras chatas (chapa de

suporte). Estas últimas foram fixadas por solda em barras de seção retangular vazadas que, por sua vez, foram soldadas no primeiro eixo.

As hastes dos raspadores são compostos por barras de seção quadrada (20 x 20 mm) vazadas. Os eixos são compostos por barras cilíndricas com \varnothing 25 mm, sendo o primeiro com 747 mm e o segundo com 703 mm de comprimento.

Os **parâmetros críticos** a serem definidos pelos testes do dispositivo condutor do modelo são os seguintes:

- a fixação dos raspadores nas chapas de suporte – conferir se a fixação com parafusos de fenda proporciona fácil manutenção;
- a força de atrito dos raspadores (borracha) na tela – pré-requisito para cálculo de dimensionamento de eixos, hastes e motor;
- o número de raspadores na primeira peneira - conferir se é ou não suficiente para a vazão de entrada de 5 m³/h;
- a inclinação arbitrada para os raspadores - conferir se proporciona bom deslocamento de material.

5.2.3 Subconjunto peneira

Consideradas o principal dispositivo para determinação dos requisitos de custos e de eficiência de separação, as 2 peneiras do modelo são individuais, iguais (componentes modulares – facilidade de fabricação) e facilmente removíveis para limpeza e substituição.

Estas peneiras são compostas por telas de aço com abertura de crivo de 0,8 mm. O formato das peneiras está representado no desenho 02 (itens 1 e 2 do anexo D), e os arcos (barra chata nas partes inferior e superior das laterais das telas) que definem a concavidade desta estão dimensionados no desenho 02/02 (anexo D). A sua disposição é côncava, com 600 mm de largura e 200 mm de raio. A peneira também é composta por barras (tubo seccionado em 4 partes - 1/4 de tubo – item 8, desenho 02/03, anexo D) que servem de apoio das mesmas em sua estrutura, e dois fixadores (item 9, desenho 02/03, anexo D), parafusados (M5 x 0,5) no tubo central da estrutura da peneira. As duas telas foram fixadas nos arcos laterais e nas barras de apoio através de rebites de alumínio.

A figura 5.2 mostra a disposição dos diferentes componentes da estrutura de sustentação da peneira e o desenho 01 (anexo D) apresenta a disposição do conjunto peneira/estrutura em relação às outras partes do modelo.

Para suportar a força dos raspadores e dos roletes sobre estas peneiras desenvolveu-se uma estrutura composta por duas chapas laterais, tubos e barras

redondas, unidas por soldagem. A disposição e a identificação destes componentes estão esquematizadas no desenho 02 (anexo D), e os desenhos 02/01 e 02/03, do mesmo anexo, mostram as dimensões destas partes.

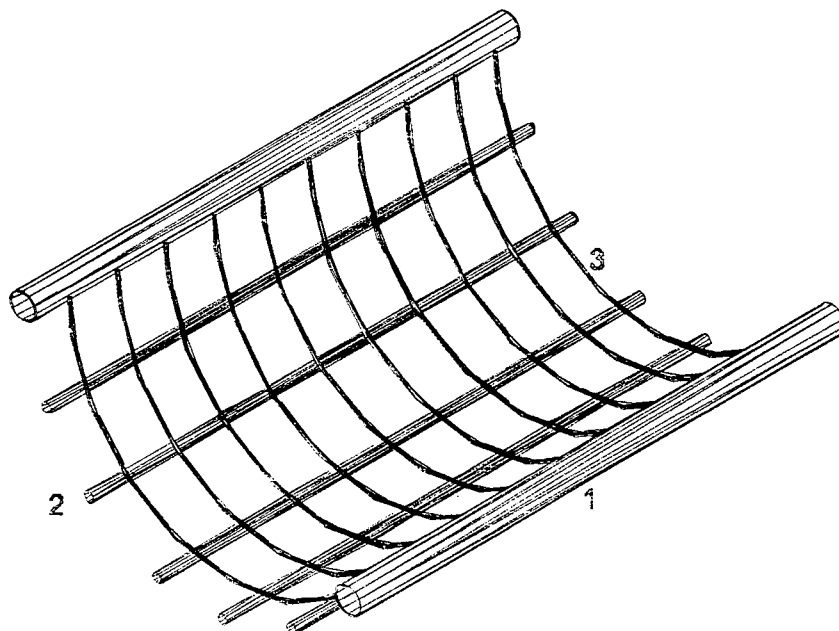


Figura 5.2 – Disposição dos diferentes componentes da estrutura da peneira: 1 – travessa de apoio das peneiras; 2 – barra transversal de apoio das peneiras; 3 – arames de apoio das peneiras.

Os **parâmetros críticos** a serem testados quanto as peneiras e sua estrutura são:

- material a ser feito as peneiras – testar se as telas não se rompem e/ou se há a necessidade de utilizar outro material (chapas perfuradas ou peneiras perfiladas);
- abertura de crivo das peneiras – ver se aberturas de 0,8 mm proporcionam uma boa eficiência de separação;
- inclinação das peneiras – verificar se inclinação de 30 graus entre a primeira e segunda peneira é suficiente para bom deslocamento de material sólido;
- dimensões das barras e das chapas de suporte das peneiras - averiguar se suportam as forças de atrito dos raspadores e as forças de prensagem dos roletes;
- o grau de entupimento das peneiras;
- o tipo de encaixe das peneiras na sua estrutura - verificar se é adequado;

- raio da peneira - testar se o raio de 200 mm suporta, com bom desempenho de separação, uma vazão de entrada de 5 m³ de dejetos/h.

5.2.4 Subconjunto desidratador

Composto por hastes, barras e roletes, é um dos principais dispositivos do modelo, pois é responsável pela prensagem do dejetos sólido, determinando o requisito de teor de líquidos no sólido separado.

A figura 5.3 esquematiza a disposição dos diferentes componentes dos roletes, e o desenho 03 (anexo D) mostra a disposição dos roletes em relação aos raspadores (dispositivo condutor de material). Já os desenhos 03/01, 03/02, 03/05, 03/06 e 03/07 (anexo D) detalham o dimensionamento das partes e o desenho 01 (anexo D) salienta a disposição do conjunto desidratador em relação ao restante do modelo.

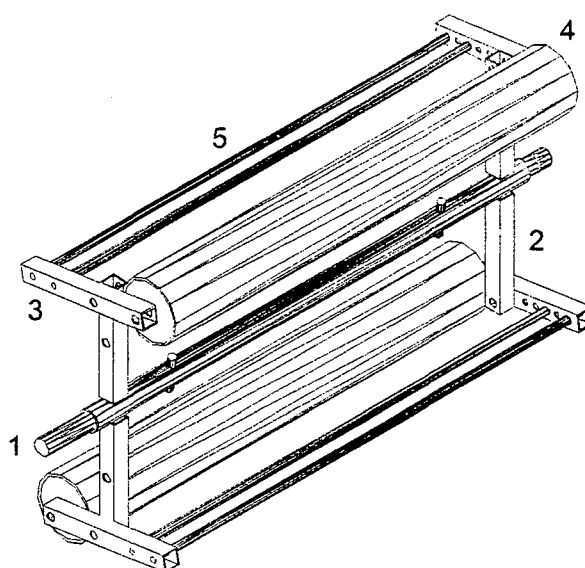


Figura 5.3 – Esquema da disposição dos diferentes componentes dos roletes: 1 – eixo; 2 – haste do braço do rolete; 3 – haste do antebraço do rolete; 4 – rolete; 5 – barras do antebraço do rolete.

As hastes (braços e antebraços) dos roletes são compostas por barras quadradas (20 x 20 mm) vazadas. As articulações entre braços e antebraços foram feitas por pinos e buchas em aço. Cada rolete é composto por um cilindro de madeira (Ø 70 mm e 542 mm comprimento), 2 pinos e 2 flanges (articulação com o antebraço) em aço e revestido por uma manta de borracha (1,5 mm de espessura, com lona no interior).

Entre os antebraços de um mesmo rolete foram soldadas duas barras (\varnothing 9 mm), para suportar as molas de prensagem e fornecer maior rigidez contra torção do conjunto.

As molas dos roletes (determinam a força de prensagem), definidas para testes iniciais, são do tipo helicoidal, $K = 74$ kg/m, $C = 7$, arame de \varnothing 1 mm, 50 espiras e em aço mola. A figura 5.11 (número 11) mostra a disposição destas molas no dispositivo desidratador. A conexão de cada mola foi feita nas barras do antebraço dos rolete e no eixo (figura 9 e 10 do desenho 03/06, anexo D). As forças atuantes nas molas serão determinadas nos testes de laboratório e á campo (capítulo VI).

Os **parâmetros críticos**, referentes ao dispositivo desidratador, a serem determinados pelo teste do modelo são os seguintes:

- tipo de mola e sua regulação (ponto de suporte no eixo e nas barras) – definir qual o tipo de mola e regulação que define o melhor grau de prensagem;
- tipo de material da superfície dos roletes - interferência na prensagem;
- o diâmetro do rolete e comprimento das hastes - averiguar se interferem do desempenho;
- número de roletes - verificar se um rolete é suficiente para boa prensagem ou se há necessidade de um segundo rolete ou um terceiro estágio.

5.2.5 Subconjunto saída de sólidos e líquidos

O líquido resultante do processo sai pelo tubo soldado numa abertura circular na chapa inferior (parte dianteira do modelo) e o sólido é conduzido para fora pela chapa frontal inclinada (o desenho 04, anexo D, mostra a sua disposição em relação a estrutura do modelo).

Estes dispositivos fazem parte da estrutura do equipamento. São compostas por uma chapa em aço, com 2 mm de espessura e um tubo no mesmo material (\varnothing 76,5 mm e 100 mm comprimento). A chapa de saída de sólidos foi fixada por 4 parafusos M5 x 0,5. O desenho 04 (anexo D) identifica as partes (números 10 e 11) e o desenho 04/03 mostra as dimensões das mesmas.

Devido à simplicidade dos dispositivos, os dois únicos **parâmetros críticos** a serem observados nos testes destes são:

- a inclinação das chapas - ideal para proporcionar facilidade de saída de sólido e líquido;
- comprimento do tubo de saída de líquido - ideal para conexão de tubulação de saída.

5.2.6 Estrutura do equipamento

A estrutura de sustentação do modelo é composta de tubos e barras de seção retangular e quadrada, vazadas. Ainda fazem parte deste dispositivo as chapas, 2 mm de espessura, que coletam o líquido separado pelas peneiras.

As chapas foram soldadas nas extremidades das longarinas de sustentação das peneiras, formando uma estrutura fechada para coleta do líquido separado. Foi previsto o uso de massa para vedação nos pontos de soldagem (extremidades) das chapas, para evitar vazamento de líquido.

As barras foram unidas por soldagem. Já a fixação de cada perna traseira foi feito por dois parafusos sextavados M8 x 1,5 (com 75 mm de comprimento) soldados na estrutura principal. Foram feitos 8 furos de 11 mm de diâmetro em cada perna traseira (regulagem de altura), sendo o primeiro à 40 mm do ápice e os outros distanciados de 55 mm cada. As pernas dianteiras foram soldadas à estrutura do modelo.

As chapas correspondem aos números 9 e 11 do desenho 04 (anexo D), e as barras e tubos correspondem aos números 1 à 6 do mesmo desenho. Já o desenho 01 (anexo D) mostra a disposição da estrutura e chapas no modelo.

O dimensionamento das partes foi projetado de acordo com os dispositivos internos, para proporcionar encaixe correto. O detalhamento de cada parte está mostrado nos desenhos 04/01, 04/02 e 04/03 (anexo D) e o conjunto do dispositivo estrutural está mostrado no desenho 04 do mesmo anexo.

Os **parâmetros críticos** a serem definidos por este dispositivo são os seguintes:

- características de acordo com especificações de projeto - verificar se estrutura e outros dispositivos proporcionam peso, volume e nível de ruído e vibração de acordo com especificações de projeto;
- altura das pernas dianteiras - verificar se é suficiente para saída do líquido separado por tubulação;
- inclinação do equipamento - testar se inclinação de 15 graus é suficiente para proporcionar bom deslocamento de material;

5.2.7 Fonte de potência e sistema de transmissão

O modelo é composto por um motor elétrico de 0,56 kW (3/4 CV – monofásico – 1750 rpm), e um redutor de velocidade tipo rosca-sem-fim (T-R2, com

redução de 1:40). O sistema de comando é manual, possuindo um interruptor (chave comutadora simples)) fixada por 2 parafusos.

Na construção do modelo não foi implementado nenhum sistema de segurança, para desligar o sistema quando a amperagem baixar (quando não tem mais material para separar) ou aumentar (quando ocorrer sobrecarga, entupimento), devido à limitação de recursos financeiros. Este aspecto será abordado nas sugestões de modificações, no capítulo VII deste trabalho.

Na saída do motor tem-se uma polia de alumínio de $\varnothing 70$ mm, que transmite o movimento ao redutor (polia em alumínio, de $\varnothing 90$ mm) por uma correia em "V" (A45). A transmissão entre o redutor e o primeiro eixo, e entre os eixos, é feito por rodas dentadas e correntes. Na saída do redutor tem-se uma roda com 16 dentes ($D_p = 62$ mm) e uma roda de 24 dentes ($D_p = 97$ mm) no primeiro eixo (conecção com o redutor). Já a transmissão de movimento entre os dois eixos é feito por duas rodas de 17 dentes ($D_p = 69$ mm). Entre o redutor e o primeiro eixo, e entre os dois eixos, foram utilizadas correntes industriais para a transmissão de movimento e redução de velocidade. Foram utilizados pinos elásticos para a fixação das polias e rodas dentadas nos eixos.

O uso de correntes apenas se justificou devido ao fato de não haver correia dentada disponível no NeDIP. O ideal é o uso de correias em "V" e correias dentadas (entre os dois eixos – sincronia de movimentos) para evitar escorregamento e corrosão (ambiente de trabalho é muito corrosivo).

O esticador da corrente entre os dois eixos é composto de uma chapa frezada, com uma roda dentada (13 dentes – $D_p = 53$ mm) fixada no meio por um mancal de deslizamento em polímero. A posição da chapa (que fornece maior ou menor esticamento da correia) é regulada na estrutura por dois parafusos M10 x 2 mm.

Com todas estas reduções chegou-se-se à uma velocidade final de 22,68 rpm. Esta velocidade foi escolhida, baseando-se em velocidades de rotação de equipamentos disponíveis no mercado, que executam a mesma função (separação de sólidos). Com os testes do modelo será determinada uma rotação final ideal, utilizando polias e/ou rodas dentadas maiores e/ou menores.

Os quatro rolamentos, com capa de mancais, utilizados para a rotação dos eixos, são do tipo YET-204 ($d = 20$ mm), e foram fixados à barras chatas (as dimensões e a fixação desta na longarina superior da estrutura são ilustradas no desenho 04/01 do anexo D) por 8 parafusos M8 x 1,5 mm.

A estrutura de suporte do motor e redutor é composta por cantoneiras (desenho 05, anexo D), e foi fixada na estrutura do equipamento por parafusos M10 x 2 mm, (os mesmos também fixam o redutor). Já o motor foi fixado na sua estrutura (desenho

05/02, anexo D) por 4 parafusos M8 x 1,5 mm. Esta última estrutura foi fixada na primeira por um pino articulado (desenho 05/02, anexo D).

O esticamento da correia é efetuado por um esticador (desenho 05/02 – anexo D) e o da corrente, entre o redutor e o primeiro eixo, por furos frezados nas estrutura de suporte do conjunto (desenho 05/01, anexo D).

A disposição dos mancais e das rodas dentadas nos eixos, e a representação do esticador da corrente, entre estes eixos, podem ser observadas no desenho 03 (anexo D), e as dimensões do esticador estão representadas no desenho 03/06 do mesmo anexo.

A figura 5.4 mostra os componentes do dispositivo de transmissão e as dimensões dos mesmos se encontra nos desenhos 05/01 e 05/02, do anexo D. O desenho 01 (anexo D) mostra a disposição dos componentes da transmissão em relação ao modelo. Na figura 5.5 tem-se o desenho da vista traseira do modelo, destacando as partes do sistema de transmissão.

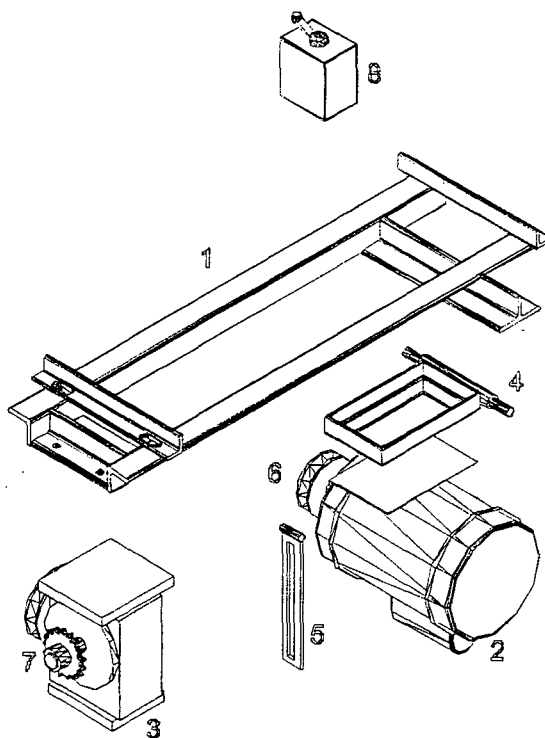


Figura 5.4 – Desenho das partes do sistema de transmissão: 1 – suporte do motor e redutor; 2 – motor elétrico; 3 – redutor; 4 – suporte do motor; 5 – esticador da correia; 6 – polia do motor; 7 – engrenagem do redutor; 8 – interruptor.

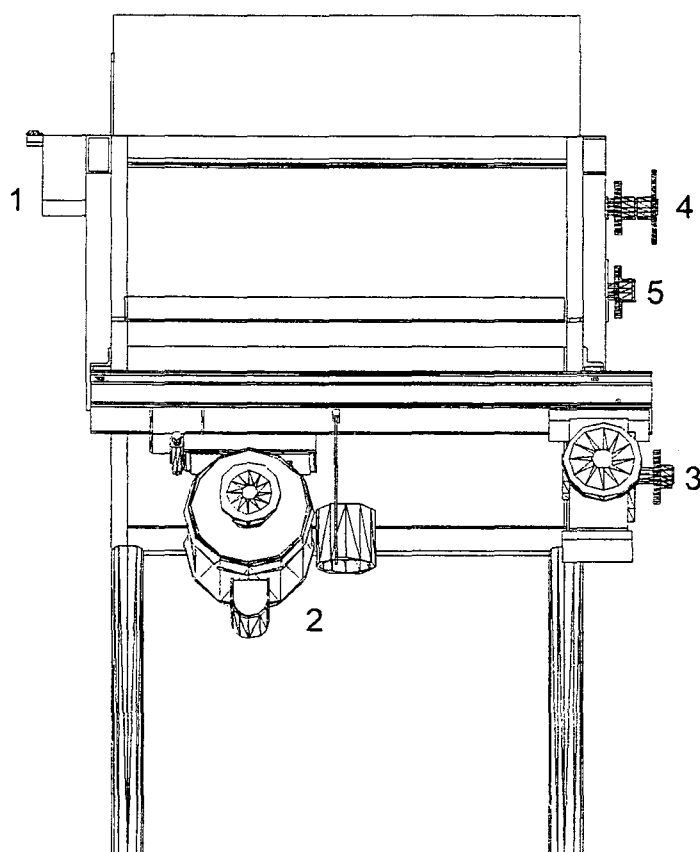


Figura 5.5 - Desenho da vista traseira do modelo, destacando as partes do sistema de transmissão: 1 – interruptor; 2 – motor elétrico; 3 – redutor; 4 – primeiro eixo; 5 – segundo eixo.

Os parâmetros críticos a serem definidos pelos testes deste dispositivo são os seguintes:

- velocidade de rotação final dos eixos - que proporcione boa eficiência do sistema e deslocamento adequado do material;
- potência necessária para movimentar o sistema – motor deve trabalhar com apenas 2/3 da tensão, e deve ter um sistema de segurança (como um fusível), para prevenir sobrecargas;
- isolamento das partes móveis – prevenir necessidade ou não – ver se não ocasionará aumento de ruídos;
- nível de ruídos;
- disposição das partes - conferir se proporciona fácil manuseio (retirada, esticamento de correias, troca de óleo do redutor dentre outros).

A seguir será apresentado um desenho em perspectiva (figura 5.6) e um desenho da lateral do modelo (figura 5.7), que mostram uma idéia geral da montagem das diferentes partes dos sistemas descritos nos itens anteriores.

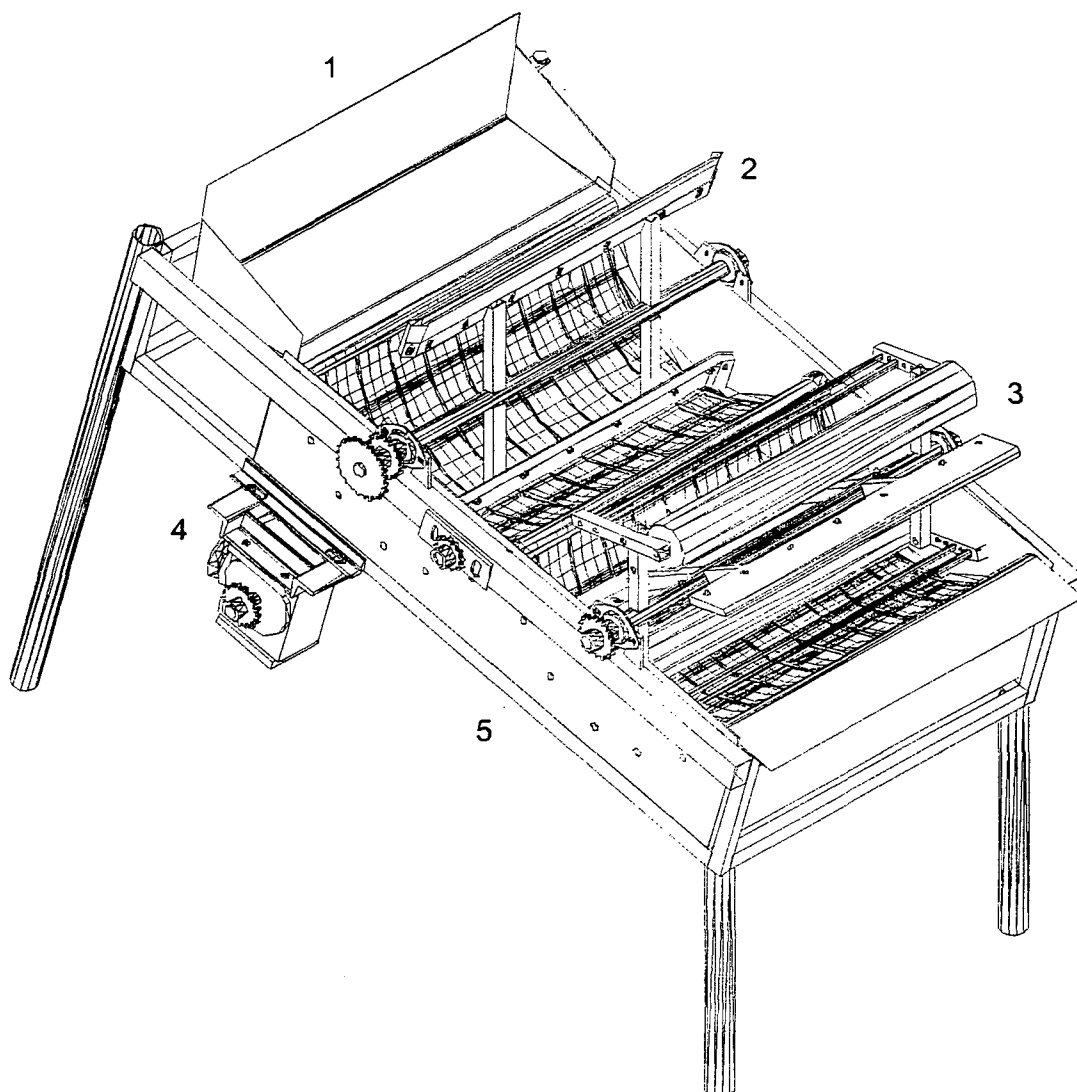


Figura 5.6 – Representação gráfica em perspectiva do modelo: 1 – subconjunto entrada; 2 – subconjunto condutor; 3 – subconjunto desidratador; 4 – motor e redutor; 5 – estrutura.

5.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO

Na construção do modelo foram observadas as recomendações de projeto para manufatura e montagem. Aqui procurou-se uma fabricação simples (tecnologia

apropriada), que pode ser efetuada pela maioria das empresas de pequeno porte. Houve também uma preocupação em compatibilizar os diferentes processos de fabricação e o tempo necessário para o desenvolvimento do modelo.

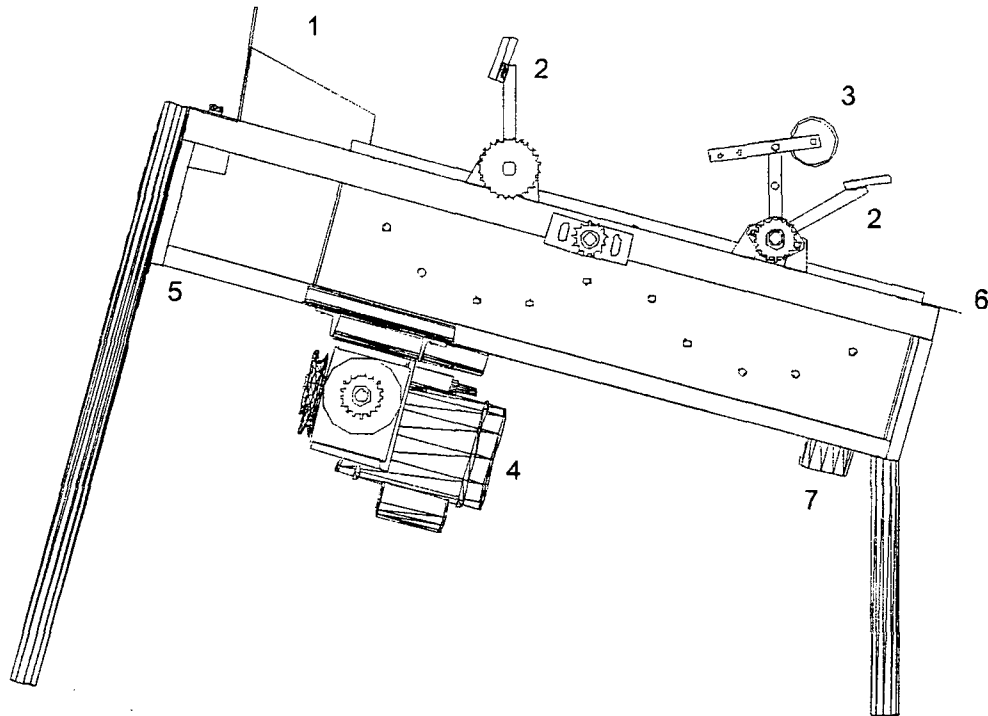


Figura 5.7 – Representação gráfica lateral, do modelo: 1 – subconjunto entrada; 2 – subconjunto condutor; 3 – subconjunto desidratador; 4 – motor e redutor; 5 – estrutura; 6 – saída de sólido; 7 – saída de líquido.

Os processos mais utilizados foram a usinagem, soldagem, corte, furação e frezamento. Na usinagem foi utilizado um torno comum, manual e para frezamento foi utilizado uma frezadora universal. Os furos foram efetuados por furadeira elétrica manual ou furadeira de coluna, de acordo com cada caso. A soldagem de partes (tubos, barras) mais espessas foi feito por solda elétrica, enquanto que outras partes mais delicadas (arame de suporte das peneiras) foram soldadas por solda tipo MIG. Os cortes das chapas foram feitas em guilhotina e o dobramento das mesmas em dobradeira.

Para construção e montagem foram utilizadas várias ferramentas, disponíveis no NeDIP, como: martelo, serra para cortar ferros, alicates, chaves de boca e chaves estrela, chave de fenda dentre outros.

Procurou-se produzir o mínimo possível de refugo na fabricação (melhor aproveitamento de material), mesmo não sendo o protótipo definitivo. O reaproveitamento

de outros materiais/peças para construção de diferentes partes também foi um fator considerado.

A primeira parte construída e montada foi a estrutura da peneira (desenho 02 do anexo D). A figura 5.8 (números de 1 à 4) mostra uma vista superior desta estrutura, montada sobre a estrutura do modelo. Os diferentes componentes foram fixados por soldagem.

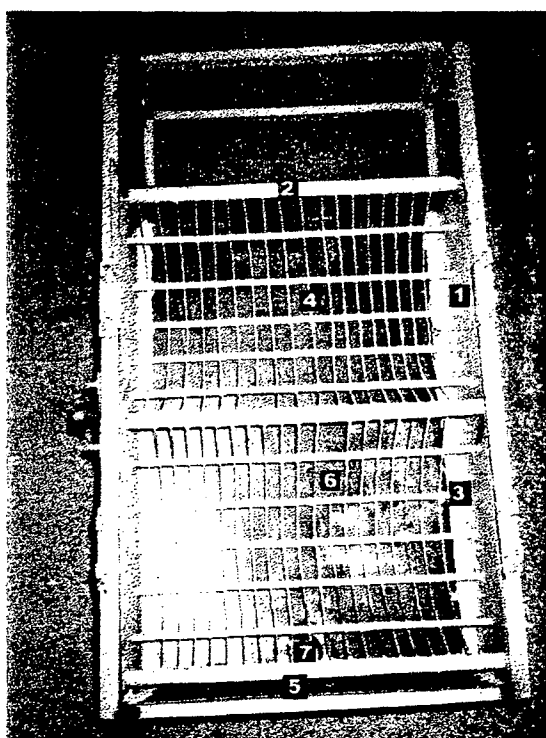


Figura 5.8 – Vista superior da estrutura das peneiras e da estrutura do modelo: 1 - longarina lateral; 2 - travessa de apoio das peneiras; 3 - barra transversal; 4 - arame de apoio das peneiras; 5 - chapa transversal; 6 - chapa inferior; 7 - saída de líquido.

Em paralelo foi construído a estrutura do equipamento, onde as partes também foram unidas por soldagem. Apenas as pernas traseiras foram unidos aos outros componentes por parafusos, pois esta regulagem irá determinar a inclinação do modelo. A figura 5.9 ilustra a estrutura do modelo, antes da montagem da estrutura da peneira (figura 5.8) sobre esta.

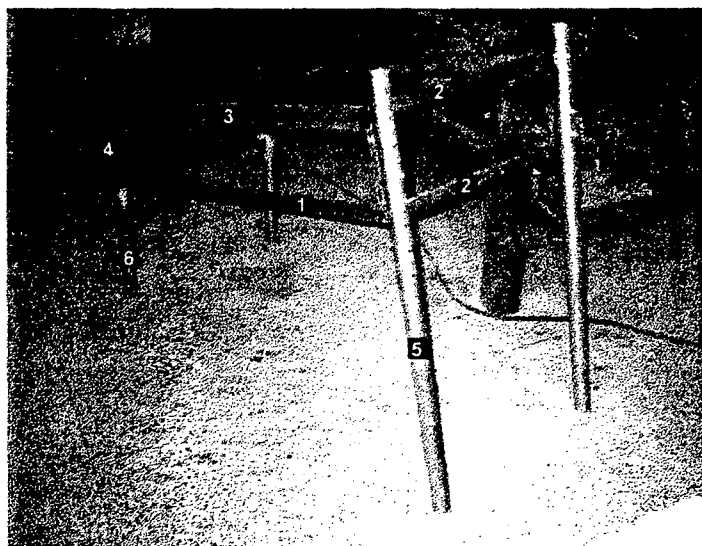


Figura 5.9 – Estrutura montada do modelo: 1 - longarina inferior, 2 - travessa superior e inferior, 3 - longarina superior, 4 - coluna lateral; 5 - perna traseira; 6 - perna dianteira.

A seguir foram construídas as peneiras em tela de aço (abertura de furo de 0,8 mm). Elas foram montadas rebitando as telas em barras de ferro maciças nas laterais (arcos das peneiras - figura 5.10), para formar a concavidade (modelá-las), e nas barras de apoios (nas pontas).



Figura 5.10 – Peneiras e chapa de entrada do modelo: 1 - tela; 2 - arcos das peneiras; 3 - barras de apoio; 4 - chapa de entrada; 5 - chapa direcionadora de material.

Depois foram construídos os dispositivos condutores de material e o dispositivo desidratador. Cada eixo foi usinado nas extremidades para conexão dos mancais e das rodas dentadas.

Nos eixos foram soldados duas hastes para cada raspador (figura 5.11). Nas outras pontas das hastes foram soldadas as chapa de suporte do raspador. Os raspadores de borracha foram fixados na chapa por parafusos.

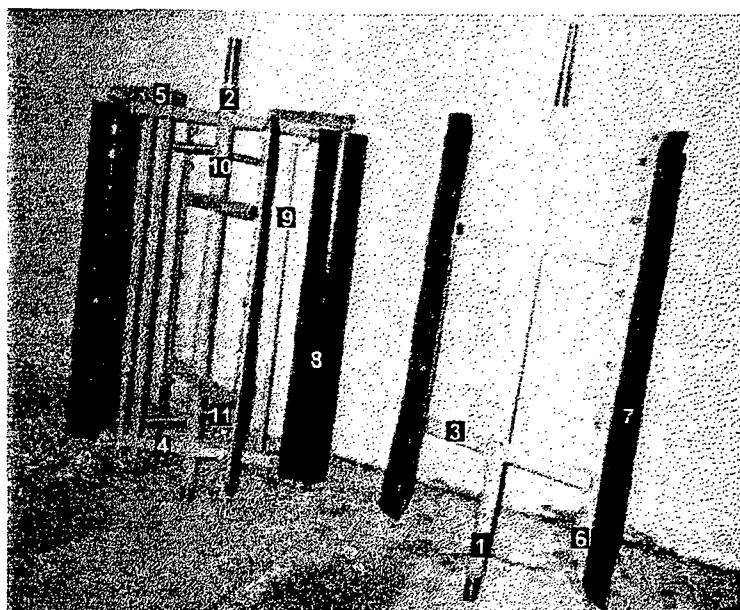


Figura 5.11 – Foto mostrando os dispositivos condutor e desidratador montados: 1 - eixo dos raspadores; 2 - eixo dos raspadores e roletes (segundo eixo); 3 - haste do braço do raspador; 4 - haste do braço do rolete; 5 - haste do antebraço do rolete; 6 - chapas de suporte do raspador; 7 - raspador; 8 - rolete revestido com manta; 9 - barras dos antebraços do rolete; 10 - barras de suporte das molas; 11 - molas.

O dispositivo desidratador foi montado no segundo eixo (figura 5.11). Ao redor de cada rolete foram pregadas e coladas as mantas de borracha. As hastes (braços) dos roletes foram soldadas nos eixo. A fixação entre o braço e o antebraço e entre o antebraço e o rolete foi feita por pinos e buchas. Depois soldou-se as duas barras do antebraço dos roletes e duas pequenas barras de suporte das molas atravessando o segundo eixo. A figura 5.11 mostra os dispositivos condutor de material e desidratador com as diferentes partes montadas e pintadas.

Como próximo passo foram montadas as chapas de entrada (figura 5.10) do dejetos e soldadas as chapas de coleta de líquido (figura 5.8, itens 5,6 e 7).

Por último foi fabricado e montado a estrutura de suporte do motor, e montado as polias, a correia, as rodas dentadas e correntes, com os devidos esticadores. A figura 5.12 mostra uma vista traseira do modelo montado, onde pode-se ver a disposição do motor, redutor e suporte na estrutura do equipamento.

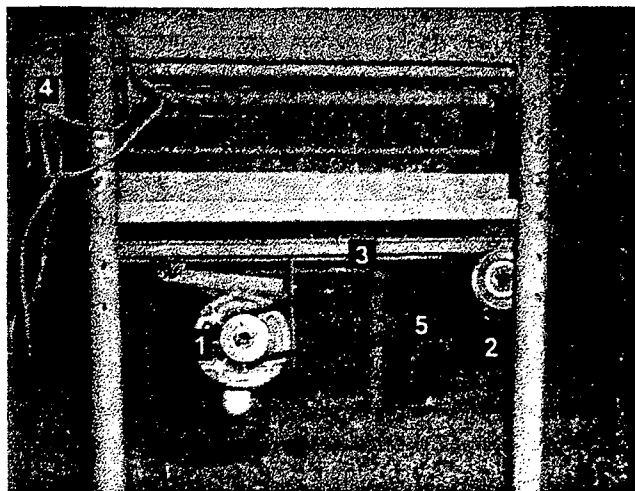


Figura 5.12 – Vista mostrando a fonte de potência e redução de velocidade: 1 - motor; 2 - redutor; 3 - estrutura de suporte do motor-redutor; 4 - chave de ignição do motor; 5 - conjunto polias-correia.

Por fim tem-se o modelo montado (figura 5.13), com a disposição dos diferentes componentes (falta a entrada de dejetos e saída dos sólidos).

Houveram algumas dificuldades quanto à soldagem em virtude da utilização de componentes inadequados no modelo. Alguns componentes eram de baixa espessura, como as hastes dos roletes e dos raspadores e os arames de suporte das peneiras.

Devido à ausência de um melhor suporte, pouca precisão nos diferentes processos de fabricação e montagem, a estrutura de ferro vazado mostrou incompatibilidade com o suporte das peneiras. Não foi possível encaixar um no outro devido imprecisão nas medidas.

Ainda se constatou a fragilidade da tela das peneiras, deformando com facilidade e dificultando a sua montagem na estrutura de sustentação.

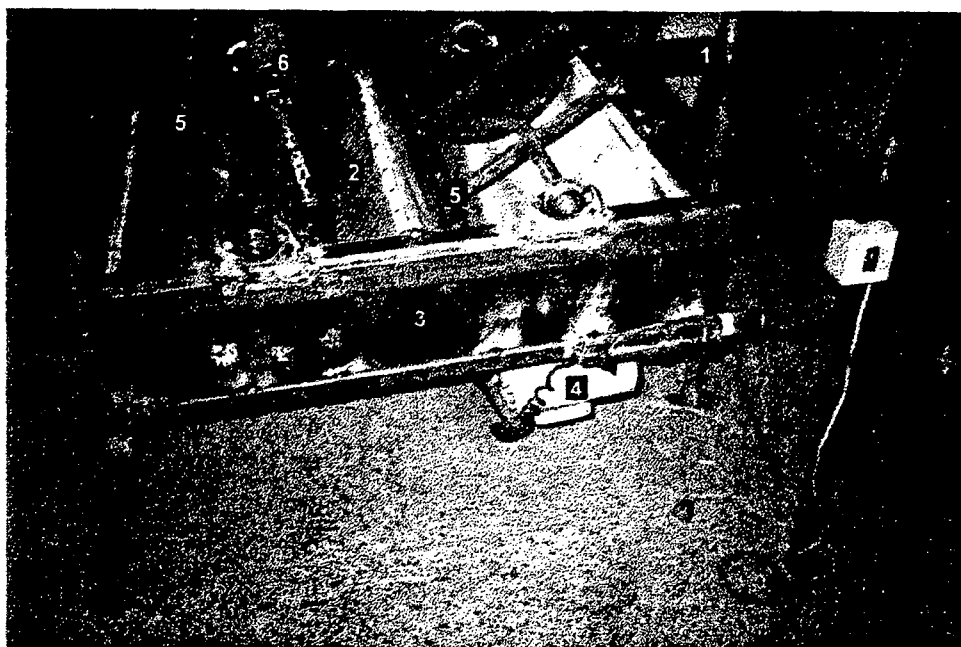


Figura 5.13 – Modelo montado: 1 - estrutura do modelo; 2 - peneiras; 3 - estrutura da peneira; 4 - motor; 5 - raspadores; 6 - roletes.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho houve a preocupação em construir um modelo adequado para se testar seu princípio de funcionamento, e fornecer informações úteis e vitais para o projeto. A construção deste modelo em escala real torna possível a determinação, de maneira segura e confiável, através dos testes, dos principais parâmetros críticos abordados neste capítulo.

Houve dificuldade em se arbitrar algumas dimensões de peças, pois não há características dimensionais, de equipamentos similares, disponíveis em bibliografia. Aqui se utilizou a experiência em construção de outros equipamentos agrícolas e industriais já executados no NeDIP.

A disponibilidade de grande número de peças e componentes tornou possível a construção deste modelo. Desta forma o projeto não ficou limitado à desenhos, visto que não foi conseguido, apesar de várias tentativas junto à instituições, arrecadar recursos financeiros para compra destes materiais.

CAPÍTULO VI

TESTES DO MODELO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 INTRODUÇÃO

Após definido e construído o modelo passou-se para a realização de testes, em laboratório e à campo, para conferir o princípio de funcionamento e o desempenho na separação e prensagem da parte sólida do dejetos e definir os valores dos parâmetros críticos de projeto listados no capítulo anterior. Os resultados dos testes servirão de base para sugestões de melhoria, visando futura construção de um protótipo "cabeça-de-série".

Em laboratório foi simulado a separação das fases de dois diferentes materiais: serragem fina diluída em água e ração para suíno diluída e fermentada (repouso em água por 4 dias). Estes testes tiveram como objetivos fazer as medições mecânicas necessárias, como ruído, peso, forças envolvidas, observar o princípio de funcionamento e efetuar algumas modificações iniciais do modelo.

À campo foram feitos os testes definitivos, com dejetos de suínos. Estes testes foram executados ao longo de 3 meses, onde se avaliaram vários parâmetros mecânicos e agrônômicos envolvidos, a fim de descobrir a combinação de parâmetros que proporcionasse melhores resultados de separação.

Os testes tem como objetivo analisar o desempenho do modelo, frente à variações dos diferentes fatores que interferem no sistema. Entre estes fatores tem-se as características do material a ser separado, a vazão de entrada deste material e a combinação de diferentes parâmetros mecânicos (velocidade final de rotação, força de prensagem, dentre outros). As diferentes combinações entre estes fatores, proporcionam diferentes desempenhos operacionais, onde busca-se o melhor resultado (que melhor atinja os requisitos de projeto definidos).

Por último, com os resultados dos testes e dos cálculos de dimensionamento, foram definidos os valores dos parâmetros críticos de projeto. A identificação destes parâmetros serviu como base para a recomendação de modificações para o protótipo.

6.2 TESTES DE LABORATÓRIO

Nas dependências do NeDIP foram feitas avaliações prévias do comportamento do sistema, visando a obtenção preliminar de dados para dimensionamento de peças e componentes, medidas de peso, forças e ruído e modificações iniciais do modelo para melhor desempenho.

Os testes de laboratório foram programados de acordo com os parâmetros críticos, listados no capítulo anterior, que se pretende determinar. Aqui foi feito apenas os testes iniciais, buscando medir alguns parâmetros mecânicos, como força da mola e nível de ruído, que são independentes do tipo de material a ser separado pelo modelo. O estudo inicial do princípio de funcionamento também foi objetivo destes testes.

6.2.1 Testes com serragem fina diluída em água

Nestes testes, basicamente, o material foi misturado com água e despejado na chapa de entrada do equipamento. O líquido separado foi coletado na parte inferior do mesmo. Como se objetivava apenas avaliar o princípio de funcionamento do sistema, não foi determinado a granulometria do material e nem feito análise em laboratório do material separado.

A) Resultados obtidos

Desde o início observou-se um deslocamento regular do material sólido e uma separação de uma fase sólida e outra líquida bem definidas. A potência do motor foi suficiente para por o modelo em funcionamento e não houve parada do sistema por excesso de sólido aderido aos dispositivos (entupimento). O dispositivo de coleta de líquido separado mostrou-se eficiente.

Os raspadores do primeiro estágio (primeira peneira) lançaram o sólido no meio da segunda peneira, e os roletes prensaram-no neste ponto. Isto indicou que o diâmetro da concavidade da peneira foi suficiente para efetuar a prensagem do sólido separado.

Apesar disto, de uma maneira geral os resultados obtidos mostraram-se em desacordo com as expectativas. Dentre estes resultados cita-se:

- o rompimento da segunda tela nos pontos de contato com o arame de apoio da peneira (item número 6, desenho 02, anexo D) - este rompimento foi devido aos seguintes fatores: a força gerada pelas molas dos roletes foi excessiva; a superfície dos roletes

- eram duras, mesmo envoltos com borracha; os arames de apoio da segunda peneira não estavam em perfeita concavidade; baixa resistência da malha das peneiras;
- a velocidade de rotação final de 21,9 rpm foi elevada, fazendo com que os raspadores lançassem serragem para fora do equipamento, e os roletes não apresentaram, visualmente, boa eficiência de prensagem (sólido separado com elevada umidade);
 - aderência excessiva de serragem nos raspadores e roletes, mas sem interferência no funcionamento do sistema;
 - os roletes não efetuaram prensagem em toda a superfície da peneira, pois suas hastes de suporte, por serem muito largas (25 mm – item 3 da figura 5.3)), não permitiram que estes tivessem acesso aos cantos;
 - a rotação do segundo eixo causou grande impacto dos roletes no início da segunda peneira (com mola livre, as hastes dos roletes abrangiam raio maior que o da peneira);
 - a chapa de entrada foi inadequada, pois direcionou o fluxo do material de entrada para as laterais da peneira - esta chapa se apresentou com pouco comprimento e grande inclinação, não diminuindo eficientemente a velocidade de entrada do material;
 - houve rompimento do pino da roda dentada maior (primeiro eixo), uma vez que exigiu-se grande força para girar os roletes;
 - a parte sólida do material separado, após prensagem, continha grande quantidade de líquido, que pode ser devido à característica do material (serragem), uso de molas inadequadas, uso de roletes com diâmetro inadequado, ou ainda ao uso de peneira (tela de aço) inadequadas;
 - observou-se que a elevada quantidade de sólido no líquido separado, deveu-se provavelmente ao tamanho de crivo (cerca de 0,8 mm) das peneiras;
 - mesmo mudando o princípio de funcionamento, passando duas vezes o rolete sobre o sólido peneirado, antes de raspá-lo para fora, não se observou maior eficiência de prensagem deste sólido;
 - o nível de ruído medido com decibelímetro foi de 80 dB, próximo ao motor.

B) Modificações feitas no modelo após os testes

Após a simulação dos testes de laboratório com serragem úmida, e analisando os resultados obtidos, foram feitas algumas modificações no modelo visando melhoria de desempenho. Dentre as modificações feitas tem-se:

- uso de pequenos pedaços de borracha nas pernas visando redução da vibração do modelo;

- aumento da inclinação do equipamento para 20 graus (a inclinação inicial era de 15 graus) a fim de melhorar o deslocamento de material;
- redução da velocidade final para 11,75 rpm, através da troca da roda dentada do redutor por outra de 12 dentes e do primeiro eixo por outra de 35 dentes, para melhorar o deslocamento de material e a eficiência de prensagem;
- substituição da segunda peneira, feita com tela de aço, por uma peneira de chapa perfurada de aço inoxidável, com furos de 1 mm de diâmetro (espaçamento 4 mm entre eles) e espessura de 1 mm;
- colocação de batentes (pequenos pedaços de ferro com borracha) para limitar o curso dos roletes (diminuir impacto dos roletes na segunda peneira);
- utilização de molas helicoidais mais fortes ($K=143$) – arame de mola com \varnothing 2 mm, 20 voltas e \varnothing da volta de 18 mm – cada mola proporcionando uma força de 5 kgf;
- soldagem de pequenas chapas metálicas (2 mm espessura), na chapa de entrada, para direcionar o material de entrada para a parte central da primeira peneira.

Com relação à determinação do K das molas testadas, foi utilizado um dinamômetro de mola de até 5 kgf. Medindo-se o deslocamento da mola (X), utilizando uma determinada força (F), chegou-se ao valor de K através da fórmula $F = K \times X$. Tendo-se o valor de K, foi determinado a força que cada mola exerceu sobre o material sólido, medindo o deslocamento da mola (X) e aplicando a fórmula acima.

6.2.1 Teste com ração de suínos diluída em água e fermentada (4 dias)

Um segundo teste ainda foi feito em laboratório, onde procurou-se efetuar a separação de um material com características semelhantes ao dejetos animal. Foi utilizado para tal, ração para suíno (ração supra sui 12 – para engorda de suínos – granulometria fina – composto por milho, sorgo, farelo de arroz, farelo de soja, farinha de ossos e outros), e deixado fermentar por 4 dias, misturada com água, em um recipiente de plástico. A fermentação visou deixar o material com características similares ao dejetos, uma vez que este também sofre fermentação no interior do organismo do animal.

A) Resultados obtidos

Com as modificações feitas no modelo, e utilizando ração fermentada como material de entrada, foram obtidos os seguintes resultados:

- a nova configuração da chapa de entrada mostrou-se eficiente, deslocando o material para a parte central da primeira peneira;

- a chapa perfurada (segunda peneira) não apresentou indícios de entupimento e o raspador atuou com mais eficiência sobre este tipo de peneira;
- devido a maior inclinação, e redução da velocidade final de rotação, o deslocamento de material tornou-se mais eficiente;
- a diminuição da velocidade final de rotação e a utilização de molas mais fortes contribuíram para a obtenção de um sólido separado com menor teor de umidade.

B) Análise da eficiência de separação e teor de líquido no sólido separado

Durante os testes com ração foram coletadas seis amostras, para análise de eficiência de separação e teor de líquido do sólido separado, cada uma com 3 repetições:

- I - material líquido de entrada;
- II - material líquido separado;
- III - material sólido retido na primeira peneira (sem prensagem);
- IV - sólido separado utilizando as molas mais fracas e passando duas vezes o rolete (uso de um raspador em cada estágio);
- V - sólido separado utilizando as molas mais fortes e passando duas vezes o rolete;
- VI - sólido separado utilizando as molas mais fracas e passando um vez o rolete (dois raspadores em cada estágio).

Todas as amostras foram pesadas e colocadas em estufa à 65 °C por dois dias e depois em estufa à 105 °C por mais um dia, seguindo o procedimento utilizado nos laboratórios do CNPSA/EMBRAPA (anexo E). Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente, apresentando os resultados na tabela 6.1. Sabendo-se o valor do peso da matéria seca no líquido de entrada e no líquido de saída obteve-se a eficiência de separação de sólidos do equipamento. A secagem e pesagem das amostras dos sólidos separados foram feitas para determinar o teor de líquido no sólido separado.

Tabela 6.1 – Resultados de pesagem do material e desempenho do modelo nos testes com ração fermentada

Amostra	Peso recipiente (g)	Peso amostra úmida (g)	Seco à 105°C		
			Peso seco (g)	% umidade	% ST*
I	87,08	96,16	9,59	90,03	9,97
II	104,65	96,75	6,26	93,53	6,47
III	55,63	65,87	20,06	69,56	30,44
IV	57,56	107,83	21,68	79,89	20,10
V	58,72	63,82	14,79	76,73	23,27
VI	56,59	80,46	25,90	67,79	32,21

*ST = Sólidos Totais

Conforme tabela 6.1, a eficiência de separação atingida no teste com ração foi de **35,11 %** ($6,26/9,97 - 100$). Com relação ao teor de umidade do sólido separado, obteve-se melhores resultados na amostra VI (**67,79 %** - molas mais fracas com dois raspadores em cada estágio). A princípio, os resultados indicam que o tipo de mola, e a passagem de dois roletes no material sólido sobre a segunda peneira ao invés de um, não interferem no teor de líquido no sólido separado.

6.3 TESTES DE CAMPO

Foram feitos os seguintes testes, em datas diferentes, para análise de desempenho do modelo:

- primeiro teste – diferentes vazões de entrada;
- segundo teste – parâmetros mecânicos (diferentes peneiras, forças e velocidades);
- terceiro teste – parâmetros agrônômicos (dejetos com diferentes características);
- quarto teste – em diferentes granjas suinícolas.

Os três primeiros testes de campo foram realizados no setor de tratamento de dejetos suínos da Unidade Demonstrativa do CNPSA/EMBRAPA, na cidade de Concórdia/SC.

Os testes de campo foram programados de acordo com os parâmetros críticos, listados no capítulo anterior, que se pretende determinar, e também conforme as condições à campo e recursos de análise dos resultados pelo Laboratório do CNPSA.

O dejetos, utilizado para os dois primeiros testes de campo, foi produzido na própria Unidade Demonstrativa (uma pequena granja de ciclo completo), com instalação de piso parcialmente ripado. A limpeza do piso era diária, com água sob pressão. O tempo de armazenamento do dejetos, utilizado na separação, era de até 1 semana.

A figura 6.1 mostra o modelo instalado no CNPSA/EMBRAPA. O separador foi apoiado sobre uma plataforma de concreto, próximo ao depósito de dejetos e à pocilga. Foi instalada tubulação de entrada e de saída (tubos até uma lagoa anaeróbia – figura 6.2) e a parte elétrica.

Para cada um dos diferentes testes de campo foram coletadas 2 amostras do material de entrada do equipamento, 2 do líquido e 2 do sólido de saída, e conduzidas ao Laboratório de Nutrição, do próprio CNPSA/EMBRAPA, para análise dos sólidos totais – ST - (amostra líquida) e da matéria seca – MS - (amostra sólida). A diferença entre os sólidos totais no material de entrada e do material de saída forneceram a eficiência de separação em cada caso, e a MS da parte sólida determinou o teor de umidade no sólido separado.



Figura 6.1 – Vista da instalação do modelo, no CNPSA/EMBRAPA: 1 - Unidade Demonstrativa; 2 - depósito de dejetos; 3 - modelo; 4 - tubulação de entrada; 5 - tubulação de saída; 6 - plataforma de concreto.

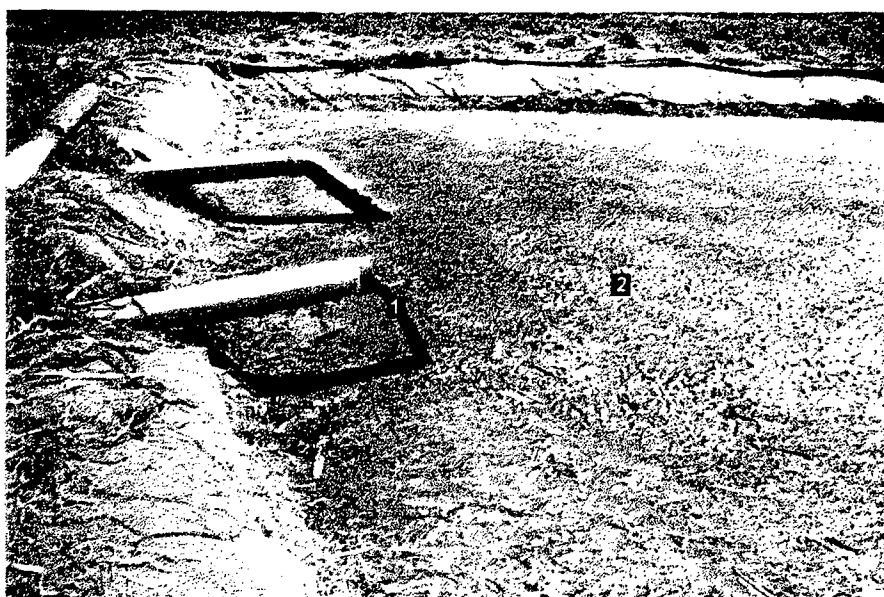


Figura 6.2 – Vista da saída de líquido separado (1), sendo despejado em lagoa anaeróbia (2).

O anexo E mostra as análises completas de laboratório, feitas para determinação do desempenho do modelo.

6.3.1 Testes com diferentes vazões de entrada

Nesta etapa foi testado o funcionamento do equipamento em diferentes vazões de entrada de material (dejetos), reguladas por um registro de esfera. A meta do protótipo é atingir 84 l/min (5 m³/h) de vazão de entrada, com boa eficiência de separação (acima de 60 %) e teor de líquido no sólido separado ideal (entre 50 e 80 %).

O teste foi feito com 3 vazões diferentes:

- 33 l/min (2 m³/h) - 500 l/15 min;
- 67 l/min (4 m³/h) - 1000 l/15 min;
- 100 l/min (6 m³/h) - 1500 l/15 min.

A medição da vazão foi efetuada cronometrando o tempo necessário para encher um recipiente com volume conhecido (20 litros). Desta forma foi marcado três posições de abertura de registro que proporcionaram as vazões aproximadas descritas acima.

Devido ao depósito de dejetos ter baixa capacidade (3 m³), os testes para cada vazão duraram aproximadamente 15 minutos. O material do depósito foi agitado antes de se efetuarem os testes.

Foram utilizadas vazões aproximadas, devido às dificuldades de medições precisas de vazão de entrada e à oscilação da vazão (depósito cheio proporcionava mais pressão na tubulação e conseqüente maior vazão de entrada).

A) Resultados práticos nos testes de vazões

- para vazões superiores a 6 m³/h o dejetos entrou com muita velocidade e parte foi lançado para fora da primeira peneira e do equipamento. Isto deveu-se principalmente porque a chapa de entrada era muito curta e as chapas laterais eram baixas;
- com vazão menor, em torno de 2 m³/h, houve pouca produção de sólidos separados;
- o dejetos líquido fluiu bem entre os crivos da primeira peneira (tela de aço) com vazões em torno de 4 m³/h, conforme ilustrado na figura 6.3;
- o sólido separado apresentou, visualmente, alta umidade;
- o equipamento não apresentou problemas mecânicos durante a operação;
- o dejetos, devido à sua coloração, já apresentava acentuada fermentação (granulometria mais fina que dejetos frescos). Isto diminuiu visualmente a eficiência de separação;
- em vazões de 2 e 4 m³/h os sólidos aderiram na superfície dos raspadores e roletes (ilustrado na figura 6.4).

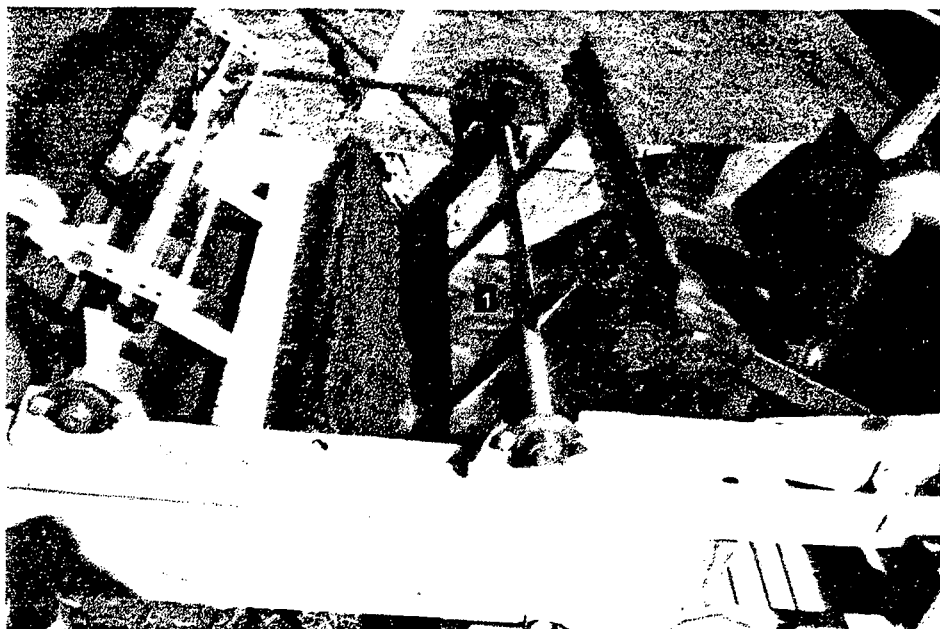


Figura 6.3 – Vista superior do modelo em funcionamento, destacando bom escoamento do líquido na primeira peneira (1), com vazões em torno de 4 m³/h.



Figura 6.4 – Aderência de sólidos nos roletes (1) e raspadores (2) do modelo.

B) Resultados das análises de laboratório

A interpretação das análises de laboratório (tabela 6.2), mostraram que o modelo teve baixo desempenho na prensagem do sólido separado (acima de 80 % de

umidade). Não houve diferença significativa, em relação ao teor de líquido no sólido separado, entre as três diferentes vazões.

Tabela 6.2 – Resultados das análises das amostras (média de 2 repetições) do teste de vazão

Especificação	Sólidos totais material de entrada (%)	Sólidos totais líquido de saída (%)	Eficiência de separação (%)	Umidade sólido de saída (%)
33 l/min	1,36	1,69	*	82,63
67 l/min	1,36	1,92	*	84,28
100 l/min	1,36	1,30	3,10	82,26

* - Estes resultados indicaram que houve mais sólido na saída que na entrada. Conclui-se que houve erro na coleta de amostras nas análises, ou havia sólido retido na tubulação de saída, originárias de testes anteriores.

Não se pode chegar a conclusões sobre a eficiência de separação, com diferentes vazões, devido à falta de resultados de análises. Mas, como na prática a vazão de 2 m³/h produziu pouco sólido e vazão de 6 m³/h apresentou dificuldades de passagem de líquido pela peneira, foram feitos os outros testes, listados a seguir, com vazão de 4 m³/h.

6.3.2 Testes dos parâmetros mecânicos

Após determinada a vazão de entrada ideal, partiu-se para a segunda etapa, onde foram testados diferentes combinações de regulagens mecânicas do protótipo. Para estes testes foi utilizado uma vazão aproximada de entrada de 4 m³/h. Para calibrar a vazão de entrada de dejetos foi utilizado o mesmo procedimento dos testes de vazão.

Para início dos testes, a segunda peneira foi substituída por uma tela em aço com abertura de crivo de 1 mm. Esta última possui mais eficiência de drenagem que a antiga chapa, pois a quantidade de furos (crivos), por área, é muito maior.

A) Primeiro parâmetro – tipos de peneiras

O teste foi feito com 2 tipos de peneiras:

- primeira peneira em tela de aço ABNT 1020 com abertura de crivo de 0,8 mm, e segunda peneira em tela de aço ABNT 1020 com abertura de crivo de 1,0 mm;
- primeira e segunda peneiras em chapas de aço inoxidável perfurada, com 0,4 mm de espessura e crivos de Ø 0,6 mm (espaçados 0,6 mm um do outro). A figura 6.5 ilustra a disposição destas chapas no modelo.

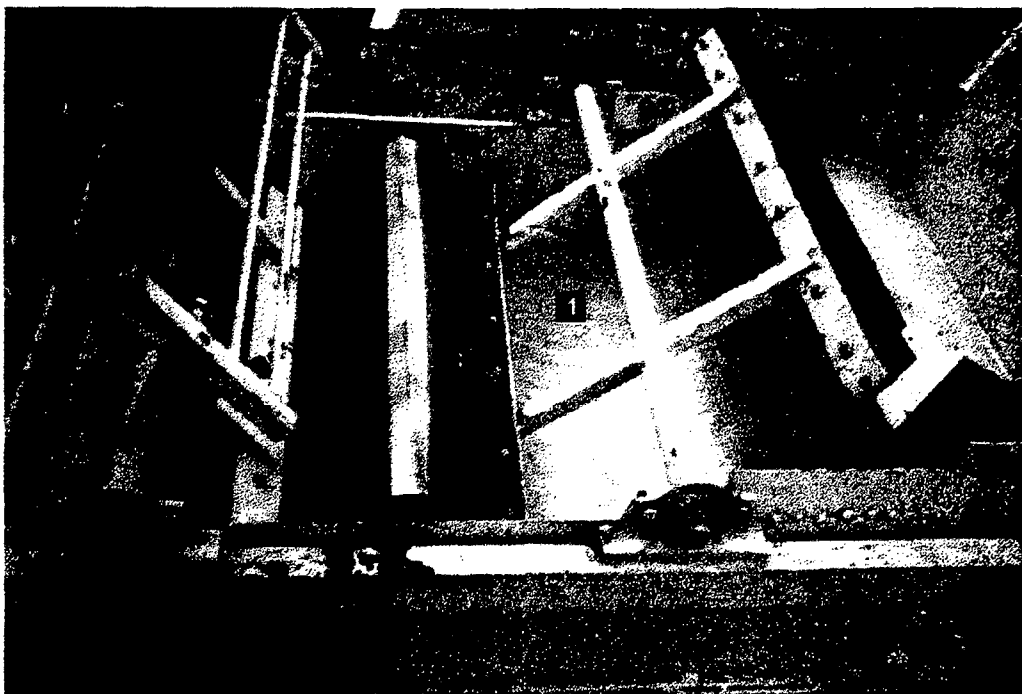


Figura 6.5 – Vista superior do modelo destacando disposição das chapas perfuradas (1) com furos de $\varnothing 0,6$ mm.

A .1) Resultados nos testes das diferentes peneiras

- o dejetos sólido separado apresentou, visualmente, menor umidade que os sólidos separados nos testes em laboratório (testes com ração fermentada);
- visualmente, a retenção de sólidos foi maior com o uso das chapas. A figura 6.6 ilustra o sólido separado com este tipo de peneira;
- com o uso das chapas os raspadores de borracha atuaram mais eficientemente, devido à maior regularidade da superfície desta;
- durante os testes não se verificou qualquer problema de entupimento dos crivos das chapas;
- ainda se verificou grande aderência de sólidos nos raspadores e roletes do segundo estágio, mas isto não interferiu na prensagem e deslocamento destes sólidos;
- com vazões maiores que $6 \text{ m}^3/\text{h}$, utilizando as chapas, ocorreu transbordamento na primeira peneira.

B) Segundo parâmetro – velocidade

Com uso das chapas perfuradas que tiveram melhor desempenho, o protótipo foi testado com velocidade de rotação final maior (21,9 rpm), para ver se haveria alteração

no desempenho do equipamento (eficiência de separação, deslocamento do material e umidade no sólido separado). Para aumentar a velocidade final de rotação para 21,9 rpm foi utilizado uma roda dentada de 16 dentes no redutor e de 24 dentes no primeiro eixo.

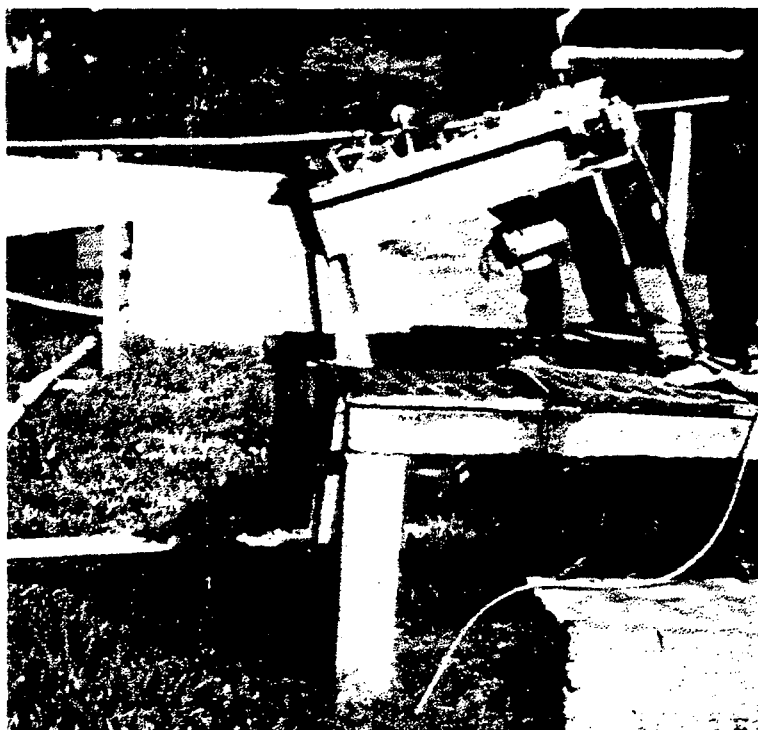


Figura 6.6 – Vista lateral do modelo destacando a produção de dejetos sólidos (1), utilizando chapa perfurada (crivos de $\varnothing 0,6$ mm) como peneiras, e dejetos frescos como material de entrada.

B.1) Resultados no teste com velocidade final maior

- com o uso de velocidade maior não houve tempo para o líquido escoar na primeira peneira, pois os raspadores atuaram rapidamente;
- os raspadores da primeira peneira lançaram o material sólido muito à frente na segunda peneira, prejudicando assim a ação da prensagem dos roletes;
- devido aos resultados insatisfatórios com a velocidade maior, não foi coletado amostras neste caso.

C) Terceiro parâmetro – eficiência do raspador

Em seguida, com a velocidade menor (melhor desempenho) foi utilizado, na primeira peneira, apenas um raspador e, na segunda peneira, dois roletes e um raspador,

para observar se ocorrem diferenças no teor de líquido no sólido separado, em relação à configuração com um rolete e um raspador. Aqui existe a atuação de dois roletes antes do sólido ser removido para fora do equipamento.

Como o objetivo deste teste foi analisar o desempenho no processo de prensagem, e como havia dificuldades em analisar grande número de amostras no laboratório do CNPSA/EMBRAPA, não foram coletadas amostras de dejetos líquidos (análise de eficiência de separação).

C.1) Resultados no teste com um raspador em cada estágio

- mesmo com um só raspador no primeiro estágio, o líquido foi filtrado com facilidade;
- no segundo estágio, quase todo o sólido aderiu no primeiro rolete e, no final da peneira, parte foi lançado para fora do modelo. Assim não ficou quase dejetos para ser prensado pelo segundo rolete. Isto significou que, com o sólido aderindo muito nos roletes, estes últimos tiveram mais eficiência, de remoção de sólidos, que os próprios raspadores;
- aumentou-se a vazão, gradativamente, mas, com apenas um raspador na primeira peneira, a filtragem foi mais lenta (a limpeza da peneira foi menos frequente) e ocorreu transbordamento do material para fora do equipamento;
- durante os testes não ocorreu qualquer indício de entupimento dos crivos das peneiras de chapa;
- visualmente, não se verificou diferença na umidade do sólido separado em comparação aos testes anteriores.

D) Quarto parâmetro – força de prensagem

Com o uso convencional de dois raspadores em cada estágio foi, primeiramente, utilizada as mesmas molas ($K = 143 \text{ kgf/m}$ e $F = 5 \text{ kgf}$), em posições de engate diferentes ($X = 0,055 \text{ m}$ – como $F = K \times X$, então $F = 7,8 \text{ kgf}$). Posteriormente as molas foram substituídas por outras mais fracas ($K = 75 \text{ kgf/m}$) e nas mesmas posições de engate do teste anterior ($X = 0,08 \text{ m}$ e $F = 5,9 \text{ kgf}$). Por último foi testado as molas mais fracas engatadas nas posições convencionais ($X = 0,05 \text{ m}$ e $F = 3,7 \text{ kgf}$) com menor esticamento que as anteriores e menor pressão dos roletes sobre o dejetos sólido. Assim foram simuladas 3 forças de prensagem diferentes, além da inicial (molas fortes nas posições de engate convencionais). Este teste objetiva determinar se molas mais fortes terão, ou não, maior eficiência de prensagem dos sólidos separados. Vale lembrar que as molas exercem força de tração.

Também neste caso não foram coletadas amostras de dejetos líquido (análise de eficiência de separação) pelo mesmo motivo do teste anterior.

D.1) Resultados dos testes com diferentes forças de prensagem

- molas fortes esticadas ($F = 7,8 \text{ kgf}$)
 - pressionando o sólido separado com a mão, visualmente não se verificou diferença de umidade, em relação às mesmas molas nas posições convencionais.
- molas fracas esticadas ($F = 5,9 \text{ kgf}$)
 - os sólidos separados apresentaram visualmente muito mais umidade (pressionando com a mão), de que com o uso das molas fortes;
 - o desprendimento da borracha de um dos raspadores.
- molas fracas nas posições convencionais ($F = 3,7 \text{ kgf}$)
 - visualmente o sólido separado apresentou igual umidade que teste anterior.

E) Resultados das análises de laboratório

Nos testes com diferentes peneiras, cujos resultados de análise estão na tabela 6.3, constatou-se que a umidade no sólido separado, nos dois casos, ainda continuou muito alta, dificultando a reutilização deste sólido. A eficiência de separação da chapa foi maior, apesar de ainda estar abaixo das encontradas nos separadores disponíveis no mercado.

Tabela 6.3 – Resultado de análises dos testes dos parâmetros mecânicos

Especificação	Sólidos totais material entrada (%)	Sólidos totais líquido de saída (%)	Eficiência de separação (%)	Umidade sólido de saída (%)
A) Diferentes tipos de telas				
Peneira em tela	2,60	2,29	12,09	82,40
Peneiras em chapa	2,60	2,23	14,27	81,82
C) Testes com um raspador em cada estágio				
1 raspador em cada estágio	-	-	-	81,58
D) Teste diferentes forças (diferentes posições de mola)				
Molas $F = 7,8 \text{ kgf}$	-	-	-	81,30
Molas $F = 5,9 \text{ kgf}$	-	-	-	83,86
Molas $F = 3,7 \text{ kgf}$	-	-	-	83,64

Nas análises do teste com um raspador em cada estágio constatou-se que não houve diferença significativa em relação ao uso de dois raspadores, permanecendo esta última configuração para os próximos testes.

Nas análises dos teste com diferentes forças de prensagem constatou-se que o uso das molas esticadas com $F = 7,8$ kgf não apresentou diferença significativa de desempenho em relação às mesmas molas, posição normal ($F = 5$ kgf). Já o uso de molas $\varnothing 1$ mm, nas duas posições ($F = 5,9$ kgf e $F = 3,7$ kgf), apresentou desempenho inferior (maior umidade no sólido separado).

Como conclusão geral dos testes dos parâmetros mecânicos (resultados na tabela 6.3) o dejetto sólido separado ainda apresentou alta umidade, sendo necessário definir outras modificações no modelo para melhorar a eficiência de prensagem.

Já a eficiência de separação foi regular, mas é preciso buscar a melhoria desta eficiência para o equipamento tornar-se competitivo no mercado. A utilização de dejetos mais frescos e com maior teor de sólidos certamente irão melhorar a eficiência de remoção do sólidos. Esta foi a etapa seguinte testada.

6.3.3 Teste dos parâmetros agronômicos

Com uso de chapa perfurada de abertura de furo de $\varnothing 0,6$ mm, e com a regulagem mecânica que apresentou melhor resultado no segundo teste (dois raspadores em cada peneira e uso de molas com fio de $\varnothing 2$ mm nas posições normais), foram feitos os testes com as chapas cobertas com tecido (linho sobre e sob a chapa) e com dejetos de diferentes características.

A) Testes com chapas cobertas com tecido

Inicialmente foram feitos testes com o uso de tecido (linho – malha com furo de $0,1 - 0,2$ mm) sob e sobre as peneiras, para verificar a ocorrência, ou não, de uma maior eficiência de separação. Estes testes foram feitos com vazão aproximada de entrada de $4 \text{ m}^3/\text{h}$.

A utilização do tecido por cima das peneiras mostrou-se inadequada, pois houve rompimento deste tecido com a pressão dos raspadores e roletes. Além disto, o entupimento desta malha pelos sólidos não permitiu a passagem da parte líquida do dejetto pois os sólidos entupiram esta malha.

No caso do uso do tecido por baixo das chapas perfuradas também houve entupimento, mas não houve rompimento. O líquido foi raspado junto com o sólido, na saída de sólido do modelo.

Devido aos resultados insatisfatórios destes testes, não foram coletadas amostras para análise de laboratório.

B) Testes com dejetos de diferentes características

Foram feitos testes com dejetos de diferentes idades de armazenamento e diferentes concentrações de sólidos – para constatar se ocorreriam diferenças na eficiência de separação e no teor de líquido do sólido separado. Foi testado também a capacidade (vazão de entrada) de separação do equipamento em cada caso. Os dejetos com diferentes características eram originários de diferentes granjas do próprio CNPSA.

O primeiro teste foi feito com dejetos frescos (até uma semana armazenado em calhas) e com baixa concentração de sólidos. Neste caso o funcionamento do modelo ocorreu sem imprevistos, apenas soltaram as borrachas que estavam envoltas nos roletes. Estas borrachas foram removidas, deixando-se apenas a madeira. Não houve diferença na prensagem pois, tanto na superfície de borracha como na de madeira, ocorreu a aderência de uma camada de dejetos sólidos.

O segundo teste foi feito com dejetos frescos (até uma semana), armazenado em calhas, com alta concentração de sólidos. Entre os testes com diferentes dejetos, neste foi onde se verificou uma maior produção de sólidos separados, com baixo teor de umidade.

No terceiro teste, utilizando dejetos com até 5 meses de armazenagem com baixa concentração de sólidos, constatou-se produção de sólidos quase nula. Isto se deve à pouca concentração de sólidos e ao elevado grau de fermentação do dejetos, deixando-o com granulometria muito fina.

No último teste, utilizando dejetos com mais de um ano de armazenagem e com alta concentração de sólidos, se verificou que o material de entrada continha alta viscosidade, o que fez com que o líquido não fosse separado com eficiência. Com isso o sólido separado apresentou elevada umidade. A alta concentração de sólidos também obstruía frequentemente a saída de dejetos do depósito, não permitindo uma vazão de entrada constante.

C) Resultados das análises de laboratório

Conferindo os resultados de análises destes testes, mostrado na tabela 6.4, constatou-se que o equipamento apresentou melhor eficiência de separação com dejetos com alta concentração de sólidos. Mas ainda, no caso de dejetos frescos, obteve-se uma eficiência apenas regular.

Com relação à umidade no sólido separado obteve-se melhor desempenho com pouco tempo de armazenagem e com maior concentração de sólidos. Mas, também neste caso, os resultados ainda não foram satisfatórios. Ainda constatou-se uma alta

umidade no sólido separado, no caso de dejetos com muito tempo de armazenagem e com grande concentração de sólidos, confirmando o observado nos testes.

Tabela 6.4 – Resultados de análises referentes aos testes com dejetos de diferentes características

Especificação	Sólidos totais material entrada (%)	Sólidos totais líquido de saída (%)	Eficiência de separação (%)	Umidade sólido de saída (%)
Dejeto fresco com pouco sólido	2,29	2,19	4,35	84,60
Dejeto fresco com muito sólido	2,66	2,30	13,43	81,30
Dejeto velho com pouco sólido	1,64	1,50	8,49	82,56
Dejeto velho com muito sólido	8,43	6,38	24,23	89,98

6.3.4 Testes em diferentes propriedades suinícolas

Foram feitos, em três granjas de suínos da região, testes com o modelo, para verificar o comportamento deste quanto a melhoria na eficiência de separação e no teor de líquido do sólido separado.

As granjas utilizadas tem em comum o uso de raspagem para limpeza das baias. A utilização de água para limpeza é esporádica. Com isso o dejetos se torna mais concentrado, contendo maior teor de sólido.

Antes de se efetuarem estes testes foram feitas algumas modificações no modelo:

- foram encurtadas as molas de fio de \varnothing 2 mm (20 espiras, \varnothing externo de 18 mm), deixando apenas 17 espiras. Através de um dinamômetro de mola de até 5 kgf mediu-se o deslocamento da mola (X), aplicando uma determinada força (F) e chegou-se ao valor de $K = 227 \text{ kgf/m}$ através da fórmula $F = K \times X$. Tendo-se o valor de K, determinou-se a força (F) que cada mola exerceu sobre o material sólido, medindo o deslocamento da mola (X) e aplicando a fórmula acima. Aqui cada mola de 17 espiras exerceu uma força de 9,3 kgf sobre o sólido separado;
- foram soldados raspadores (barra chata aço ABNT 1020, 5 x 12 mm, comprimento de 588 mm) nos antebraços dos roletes, para remover o dejetos sólido que fica aderido à estes durante o processo de prensagem;
- também foi utilizada massa de calefação para vedar as laterais das duas chapas perfuradas, local onde não atuam os raspadores e roletes.

A) Primeira Granja – Fazenda Rosada

Nesta granja foi coletado o esterco (apenas as fezes frescas do animal) diretamente das baias. Este material foi colocado em recipientes de 20 litros e misturado com líquido presentes nas calhas (2 - 3 dias de armazenagem).

Devido à impossibilidade de se instalar tubulação de entrada e saída, o dejetos foi manejado com recipientes de 20 litros. O sólido separado foi coletado em uma lona plástica. A figura 6.7 ilustra o procedimento utilizado para realização deste teste.

Foi cronometrado o tempo que demora para despejar cada recipiente no equipamento, para se ter uma noção da vazão de entrada. Também foram separados vários recipientes antes de se coletar as amostras.

O conteúdo de cada recipiente foi bem misturado antes de se coletar as amostras, de entrada e de saída, e antes de se efetuar cada separação. A vazão de entrada para a coleta foi em torno de 4 m³/h.



Figura 6.7 – Ilustração do procedimento para teste do modelo na granja Fazenda Rosada.

A.1) Resultados

- as fezes coletadas na baia não misturaram-se facilmente com o líquido, ficando a presença de agregados, e o sólido sedimentou rapidamente;

- com vazão de entrada superior à 4m³/h se verificou que o dejetos transborda na primeira peneira;
- o sólido separado aderiu bastante ao raspador do rolete mas não interferiu no movimento circular deste rolete;
- a maior força de prensagem (molas mais fortes) não interferiu no movimento circular do rolete.

B) Segunda Granja – Fazenda Santo Antônio

Nesta propriedade, para o teste do separador, foi utilizado dejetos com dois dias de armazenamento na canaleta. O procedimento para teste e coleta de amostras foi o mesmo da propriedade anterior.

Nesta propriedade o dejetos era mais homogêneo, mas muito diluído (pouca quantidade de sólido). A passagem deste material pelo separador proporcionou um sólido separado com menos umidade (visualmente), comparado com o sólidos provindo do dejetos coletado na baia (primeira granja).

C) Terceira Granja – Granja Wuaden

Para o teste do separador foram utilizados dejetos com 3 à 5 dias armazenados na canaleta. O procedimento para teste e coleta de amostras foi o mesmo das propriedades anteriores.

Nesta propriedade o dejetos tinha grande quantidade de sólidos e presença de larvas de moscas, devido ao pouco uso de água para limpeza das instalações.

D) Resultados das análises de laboratório

Apesar de, visualmente, os sólidos separados nos testes em diferentes granjas terem alta umidade, este parâmetro não foi confirmado pelas análises (vide tabela 6.5). Muito pelo contrário, os resultados de umidade no sólido separado foram melhores que os encontrados nos testes feito na Unidade Demonstrativa do CNPSA/EMBRAPA. Estes resultados do quarto teste estão dentro do objetivos do projeto, ou seja, obter um sólido separado com teor de umidade entre 50 e 80 %.

Já com relação à eficiência de separação, o resultado da primeira granja foi similar aos obtidos no CNPSA/EMBRAPA.

Tabela 6.5 – Resultados de análises dos testes com dejetos de diferentes granjas

Especificação	Sólidos totais material entrada (%)	Sólidos totais líquido de saída (%)	Eficiência de separação (%)	Umidade sólido de saída (%)
Granja 1	2,98	2,54	14,70	73,97
Granja 2	2,00	12,11	(*)	72,05
Granja 3	1,64	17,45	(*)	76,98

(*) - A eficiência nestes dois casos foi negativa, ou seja, saiu mais sólido que entrou. Isto pode ser devido, provavelmente, a erros na coleta de amostras. O sólido do material de entrada pode ter decantado antes de se tirar a amostra. Também pode ter havido erro nas análises, mas é menos provável.

6.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CRÍTICOS

Com os resultados dos testes e o dimensionamentos das peças (ver anexo F), foi possível definir os parâmetros críticos de projeto, levantados no capítulo anterior:

- direção do material de entrada - o uso de pequenas chapas de aço, nas bordas da chapa de entrada, direcionou o material para a parte mais central (2/3 centrais) da primeira peneira, melhorando a eficiência de deslocamento e prensagem do sólido;
- inclinação da chapa na entrada – deve ter inclinação menor que a do equipamento para reduzir a velocidade de entrada do material;
- fixação dos raspadores nas chapas de suporte - a utilização de parafusos de fenda facilitou a remoção dos raspadores para manutenção ou substituição;
- forças de atrito dos raspadores nas telas - define o diâmetro das hastes e do eixo - é necessário uma força de 5 kg para deslocar o raspador da primeira peneira, sendo que as hastes utilizadas no modelo suportam bem esta força (ver anexo F);
- número de raspadores na primeira peneira - foi feito o teste com um e dois raspadores e, em ambos os casos, obteve-se bom desempenho de raspagem;
- inclinação das peneiras - a inclinação de 30 graus entre a primeira e a segunda peneira proporcionou bom deslocamento de material;
- abertura dos crivos da peneira - o tamanho dos crivos das chapas perfuradas de \varnothing 0,6 mm não provocou entupimento durante os testes, mas também não proporcionou boa eficiência de separação - peneiras com aberturas de crivos menores (0,2 - 0,5 mm) poderiam ser testadas para ver se ocorre melhoria nesta eficiência;
- dimensões das barras de suporte das peneiras - não foram efetuados os cálculos do dimensionamento das barras, pois as peças utilizadas suportaram adequadamente as forças atuantes;

- tipo de encaixe das peneiras na estrutura - o princípio de encaixe projetado demonstrou ser eficiente (de fácil remoção), e a curvatura no encaixe entre as duas peneiras não atrapalhou o deslocamento do material;
- raio das peneiras - o raio de 200 mm testado mostrou ser suficiente para a capacidade de 5 m³/h;
- tipo de mola e regulagem - definem o grau de pressão ideal - as molas helicoidais de fio de Ø 2 mm (17 espiras, Ø externo de 18 mm e F = 9,3 kgf), fixados na posição normal, mostraram resultados de prensagem de sólido dentro do almejado (umidade em torno de 75 %);
- diâmetro dos roletes - os roletes de Ø 70 mm mostraram bom desempenho;
- comprimento das hastes dos roletes - o comprimento projetado mostrou ser eficiente na prensagem, se justificando comprimentos maiores somente quando for utilizado peneiras com raio de concavidade maior;
- dimensões dos pinos das hastes dos roletes - os pinos suportaram bem os testes e suas dimensões farão parte das sugestões de modificações;
- inclinação das chapas - a inclinação das chapas de saída de sólido e líquido do modelo mostrou ser eficiente;
- dimensões das barras de suporte dos mancais e das barras de suporte da estrutura da peneira - as dimensões das diferentes barras do modelo suportaram bem as forças atuantes;
- inclinação do equipamento - nos testes o deslocamento do material se comportou bem com 20 graus de inclinação;
- velocidade de rotação dos eixos - define tipo de redutor - a velocidade final dos eixos, encontrado nos testes, em 11,75 rpm, proporcionou bom desempenho de deslocamento de material e de prensagem do sólido separado;
- potência necessária do motor - conforme cálculo apresentado no anexo F, um motor de 0,37 kW (0,5 CV) é suficiente para acionar o equipamento;
- prever correia dentada ou corrente entre eixos, para sincronismo de movimento - nos testes do modelo foi utilizado corrente, mas o uso de correia dentada é mais indicado devido à sua maior resistência à corrosão;
- nível de ruído - o nível de ruído encontrado, 80 dB, está dentro das especificações de projeto.

6.5 CONCLUSÃO

As atividades de testes foram desenvolvidas num período de 4 meses, tanto junto ao laboratório como à campo. Desta forma foram possíveis fazer modificações de melhoria no equipamento durante os testes, a medida que eram feitas análises de resultados parciais.

Os testes de laboratório foram fundamentais, onde, com os resultados obtidos, foram feitas algumas modificações no modelo para melhor desempenho à campo. A maioria dos dispositivos testados funcionaram sem ressalvas, sendo possível obter algumas medições como ruídos e forças de prensagem.

Com relação aos testes à campo, com diferentes vazões de entrada, não se pôde chegar a conclusões sobre a eficiência de separação, devido às incoerências dos resultados das análises. Mas, como a vazão de 2 m³/h produziu pouco sólido e vazão de 6 m³/h apresentou dificuldades de passagem de líquido, pode-se concluir que a vazão de 4 m³/h proporcionou melhor desempenho.

Como conclusão dos testes dos parâmetros mecânicos (resultados na tabela 6.3) o dejetto sólido separado ainda apresentou alta umidade, acima do objetivo (umidade entre 50 e 80 %). Nestes testes verificou-se que a eficiência de separação foi melhor com o uso de chapas perfuradas, para separação do líquido livre e a eficiência de prensagem foi melhor com o uso da molas helicoidais de Ø de fio de 2 mm. O aumento da velocidade de rotação dos eixos e a mudança das configurações dos raspadores não mostraram melhoria no desempenho do equipamento.

Conferindo os resultados de análises dos testes com dejetos de diferentes características, mostrado na tabela 6.4, constatou-se que o equipamento apresentou melhor eficiência de separação com dejetto com alta concentração de sólidos. O melhor desempenho de prensagem foi obtido com a separação de dejetos com pouco tempo de armazenagem e com maior concentração de sólidos. Constatou-se uma alta umidade no sólido separado, no caso de dejetto com muito tempo de armazenagem e com grande concentração de sólidos.

Os resultados de umidade no sólido separado, nos testes em diferentes granjas, foram melhores que os encontrados nos testes feito na Unidade Demonstrativa do CNPSA/EMBRAPA. Os resultados deste último teste estão dentro do objetivos do projeto, ou seja, obter um sólido separado com teor de umidade entre 50 e 80 %.

Como conclusões finais dos testes obteve-se bons resultado de desempenho do separador, pois conseguiu-se atingir a maioria das principais especificações de projeto. O modelo apenas deixou a desejar com relação à sua eficiência de separação, onde, os 15 % atingidos ficaram muito abaixo do almejado (acima de 60 %). Conforme opinião de

pesquisadores do CNPSA/EMBRAPA, a eficiência atingida pelo modelo está no mesmo nível de eficiência dos equipamentos existentes no mercado. Isto significa que a eficiência de separação de 60 %, divulgados por empresas fabricantes de separadores, não retrata os resultados obtidos na prática¹. Algumas modificações sugeridas no próximo capítulo, poderão trazer resultados de eficiência de separação ainda melhores, tornando o equipamento ainda mais competitivo no mercado.

Quanto aos aspectos mecânicos, o desempenho do modelo foi considerado satisfatório. Não se constatou nenhum problema mecânico grave, houve mínima manutenção e não ocorreu nenhum problema de entupimento do sistema (aderência excessiva de sólidos nos dispositivos).

A definição das dimensões adequadas das peças e componentes e dos parâmetros críticos de projeto, junto com outros resultados obtidos nos testes, servirão de base para sugestões de melhoria do modelo (relacionadas no próximo capítulo), objetivando o desenvolvimento futuro de um protótipo que atenda plenamente os requisitos de projeto e necessidades dos consumidores.

¹ Depoimento do Eng^o Agr. Carlos Cláudio Perdomo – CNPSA/EMBRAPA – município de Concórdia/SC

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE MODIFICAÇÕES

7.1 INTRODUÇÃO

Neste último capítulo do trabalho procurou-se efetuar comparações, entre as metas iniciais (requisitos e ferramentas de projeto) e os resultados finais (construção do modelo, testes e recomendações de modificação).

Primeiramente são propostas conclusões sobre as ferramentas de projeto utilizadas no trabalho, dando destaque para a metodologia de estimativas de custos no projeto conceitual, proposta por Ferreira [55].

Na segunda etapa deste capítulo são feitas conclusões gerais do desenvolvimento do separador, com comparações entre os valores metas, dos requisitos de projeto, e os valores obtidos nos testes do modelo.

Por fim são sugeridas, com base nos resultados dos testes, modificações do modelo, a fim de se construir, numa próxima oportunidade, um protótipo que apresente desempenho ainda melhor. Os custos levantados nas diferentes concepções alternativas são comparados com os custos pesquisados para construção do modelo (com as modificações sugeridas). Também são sugeridas outras modalidades de pesquisas que estão direta ou indiretamente envolvidas com o separador.

7.2 CONCLUSÕES SOBRE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PROJETO

Conforme já observado em capítulos anteriores, a utilização das diferentes ferramentas de projeto foram decisivas para a escolha de uma concepção de separador que melhor atendesse as necessidades do mercado.

A utilização do Diagrama de Mudge, para valoração das necessidades dos consumidores (capítulo III), tornou possível classificar as necessidades por ordem de importância, identificando as de maior relevância para o projeto.

Esta classificação foi um pré-requisito para a aplicação da segunda ferramenta, ou seja, a Casa da Qualidade (QFD). Neste procedimento foram identificados os requisitos de projeto que melhor atendessem as necessidades listadas. Através da comparação entre os requisitos e as necessidades é que se chegou à uma classificação dos

primeiros, por ordem de importância (especificações de projeto). A ordem de importância dos requisitos definiu as prioridades do projeto. A maior ênfase foi dado aos requisitos mais importantes.

Tanto na valoração das necessidades como no preenchimento da casa da qualidade houve um trabalho de equipe, entre o mestrando, bolsistas e orientador, onde, através de um *brainstorming*, e da experiência individual de cada um, foi possível estabelecer as variáveis de análises envolvidas no projeto. Com uma equipe multidisciplinar (área agrônômica e mecânica) foi possível explorar diversas possibilidades, enriquecendo estas variáveis (necessidades e requisitos).

Na elaboração das estruturas funcionais, capítulo IV, pôde-se ter uma primeira idéia da esquematização do funcionamento do sistema de separação de fases, onde se escolheu uma estrutura que melhor atendesse as especificações técnicas e de custo. Na elaboração da Matriz Morfológica pode-se fazer, graficamente, as combinações de diferentes princípios de funcionamento para as funções definidas, e chegar à uma alternativa que melhor atendesse, também, as especificações técnicas e de custo.

No capítulo V desenvolveu-se um procedimento diferente da metodologia de desenvolvimento de produto adotada por Pahl & Beitz [52]. Estes autores orientam para a definição de um projeto preliminar e um projeto detalhado separadamente, como sequência no desenvolvimento de um produto. Neste trabalho foi efetuado algumas alterações neste procedimento. Como não se tinha à disposição a maioria dos dados para se efetuar os cálculos de dimensionamento de peças (projeto preliminar), partiu-se diretamente para a definição e construção de um modelo em escala real. Com os resultados dos testes, em laboratório e à campo, deste modelo é que se tornou possível os cálculos de dimensionamento.

Neste capítulo é destinado um espaço maior para comentar sobre a metodologia de estimativas de custos no projeto conceitual, proposta por Ferreira [55], uma vez que este está sendo um dos primeiros trabalhos onde é aplicada esta metodologia.

A estimativa de custos e a avaliação técnica das diferentes estruturas funcionais são trabalhos complexos. Na definição das funções ainda não se tem um detalhamento que possa identificar claramente o desempenho de cada requisito. Com isto as avaliações são na base da estimativa. Para um pesquisador sem muita experiência prática, e sem conhecimento das necessidades dos consumidores, a dificuldade é ainda maior.

O mesmo se pode afirmar com relação às avaliações técnicas e de custos das diferentes concepções do produto. Apesar de já se estar num patamar mais avançado do projeto, com definições de diferentes princípios de funcionamento, o nível de detalhamento ainda não é suficiente para identificar todos os processos de fabricação

envolvidos na construção de cada um destes princípios. Também fica complexa a identificação das diferentes peças que irão compor cada dispositivo.

Nas etapas posteriores de projeto preliminar e detalhado é que se identifica o dimensionamento de cada peça e de que material o produto é construído. Com estas definições é que se pode fazer um cálculo de custo mais preciso. No item 7.4 deste capítulo, após sugestões de modificações do modelo, foi feito um levantamento dos custos de produção do modelo, levando em conta as modificações sugeridas e comparado com os custos levantados no projeto conceitual.

7.3 CONCLUSÕES FINAIS

Aqui é feito uma comparação entre as metas dos requisitos, definidas no capítulo III (tabela 3.3), e os valores reais obtidos pelos testes de desempenho do modelo. A tabela 7.1 faz a comparação entre os valores dos 20 requisitos mais importantes, onde se pode observar quais as metas foram atingidas e quais ainda precisam de maiores estudos (modificações do modelo) para serem alcançadas.

A tabela 7.1 mostra que os custos de aquisição, fabricação e montagem do modelo estão de acordo com as especificações de projeto. Conforme se observa na mesma tabela, não se teve um resultado satisfatório nos custos de peças e componentes, devido a utilização de muitos materiais em aço inoxidável. Entretanto, este maior custo não eleva o preço final do produto acima do pretendido.

Também observa-se que os custos de manutenção, frequência de manutenção e resistência à corrosão ainda não foram definidos, porque o modelo não trabalhou um período mínimo para se tirar estas conclusões. Como nos testes não houve problemas mecânicos graves, e como o material recomendado (aço inoxidável) para fabricação é resistente, espera-se um baixo custo de manutenção, uma baixa frequência de manutenção e uma resistência à corrosão acima de 4 mil horas.

O requisito técnico obtido de teor de líquido no sólido separado, apesar de ser ainda elevado (próximo dos 75 % nos últimos testes) ficou dentro do almejado (entre 50 e 80 %). Os requisitos capacidade de separação (5 m³/h) e as formas de alimentação do equipamento (gravidade e bombeamento) também foram atingidos.

Outras especificações atingidas foram: possibilidade de ser instalado em unidade móvel (equipamento compacto e leve); baixo consumo de energia (apenas 0,55 kW); facilidade na operação e manutenção e elevada vida útil (desde que construído em material resistente à corrosão).

Tabela 7.1 – Comparação entre valores metas e valores reais dos requisitos de projeto

Requisitos mais importantes	Valores meta	Valores obtidos
1. Custo de aquisição	R\$ 5.000,00	Entre R\$ 4.257,21 (*)
2. Eficiência de separação	> 60 %	15 %
3. Teor de líquido no sólido separado	50 – 80 %	75 %
4. Formas de alimentação do eqpto.	Bombeamento e gravidade	Bombeamento e gravidade
5. Capacidade de separação	5 m ³ de dejetos/h	4 - 6 m ³ de dejetos/h
6. Resistência 6h/dia/300 dias	6 anos	Não obtido
7. Fontes alternativas de energia	Elétrica e combustão	Elétrica
8. Potência de operação	< 5 kW	0,55 kW (0,75 CV)
9. Custo de peças e componentes	30 % custo aquisição	R\$ 2.310,69 (*) (54,28 %)
10. Tempo para fabricação	40 horas	14,9 horas
11. Tempo para montagem	20 horas	5,2 horas
12. Custo de fabricação	25 % custo de aquisição	R\$ 329,00 (*)
13. Funções intermediárias	Até 8 funções	6 funções
14. Custo de manutenção	10 % custo aquisição/ano	Não obtido
15. Frequência de manutenção	4 manutenções/ano	Não obtido
16. Processos de fabricação	Mínimo	8 processos
17. Resistência à corrosão	4000 horas operação	Não obtido
18. Custo de montagem	10 % do custo de aquisição	R\$ 125,50 (*)
19. Peças padronizadas	100 %, considerando parafusos, polias, rolamentos, etc.	100 %, dos parafusos, polias, rolamentos, etc.
20. Peso do equipamento	< 200 kg	120 – 150 kg

(*) – considerando as modificações sugeridas (tabelas 7.2 e 7.3).

Não foi cogitado a utilização de outra fonte de potência (requisito 7 da tabela 7.1) pois o consumo de energia necessário é muito baixo, o que não justifica a utilização de um motor à combustão.

Dentre os requisitos mais importantes que não foram atingidos, destaca-se a eficiência de separação, que, conforme as tabelas 7.1 e 3.3, é o segundo requisito de projeto mais importante, perdendo apenas para o custo de aquisição. Nos testes do modelo, a melhor eficiência atingida ficou na ordem de 15 %, muito abaixo do objetivo de 60 %. O uso das peneiras perfiladas (recomendadas nas modificações), de abertura de crivos menores, aliado à utilização de dejetos frescos (poucos dias armazenados), para separação de sólidos, poderão trazer resultados melhores de eficiência de separação.

Conforme depoimento de funcionários do CNPSA/EMBRAPA, que acompanharam os teste de campo, o desempenho do modelo foi muito bom, comparado à outros equipamentos comerciais testados naquele centro. No ano de 1997 eles testaram um equipamento comercial (prensa de peneira com fuso, marca Pompéia, citado no capítulo II), e houve problemas mecânicos na peneira vibratória (sistema complexo com muitos componentes) e frequente entupimento no sistema de prensagem. Já no teste do modelo

deste trabalho houve mínima manutenção (apenas quebrou o pino da roda dentada do primeiro eixo) e não houve entupimento do sistema.

Como conclusões gerais obteve-se bons resultados de desempenho do separador, pois conseguiu-se atingir a maioria das especificações de projeto. Com as modificações sugeridas no item 7.4 deste capítulo, o equipamento poderá ser altamente competitivo no mercado.

Resta agora repassar o projeto para uma empresa interessada em efetuar as modificações e colocar o separador no mercado. Assim a tecnologia ficará disponível para os maiores interessados, que são os suinocultores.

7.4 SUGESTÕES DE MODIFICAÇÕES E OUTRA PESQUISAS

Aqui são descritas sugestões de modificação dos diferentes dispositivos do modelo testado, como subsídio para futura construção de um protótipo “cabeça-de-série” que melhor atenda as especificações de projeto. Neste item também é dado destaque aos pontos positivos do modelo, observados nos testes.

Nas sugestões de modificações do modelo são levados em conta o uso de materiais anticorrosivos (chapas, parafusos, barras, molas, peneiras e tubos em aço inoxidável; raspadores em borracha e transmissão por correias e polias em alumínio) nos componentes em contato com o dejetos, para prevenir corrosão e aumentar vida útil. Isto está relacionado com o fator custo-benefício, pois, apesar do material anticorrosivo ser de maior custo, sua vida útil é muito maior.

Conforme as especificações de projeto, definidas no capítulo III deste trabalho, outras características, comuns à todos os dispositivos, também foram consideradas nas sugestões de modificações: uso de componentes modulares, peças padronizadas, processos de fabricação reduzidos e mínimo refugo na fabricação, visando redução de custos de peças, fabricação e montagem; uso de peças recicláveis e reutilizável num mínimo de 70 %, visando facilitar descarte; prevenir o mínimo de quantidade e frequência de manutenção; redução de cantos vivos e vibração e uso de medidas ergonômicas, para facilitar operação e manutenção e proporcionar maior segurança ao operador; equipamento com peso e volume reduzido para facilitar manejo e transporte.

O anexo G mostra desenhos em escala destacando as sugestões de modificação, necessárias no modelo para melhoria de desempenho. A seguir tem-se as modificações sugeridas em cada subconjunto do modelo.

7.4.1 Subconjunto entrada do equipamento

Os testes mostraram a necessidade de se utilizar uma chapa de entrada mais comprida (em torno de 400 mm) e menos inclinada (menor que os 20 graus do equipamento), objetivando diminuir a velocidade de entrada do dejetos.

A fixação da chapa deve ser por parafuso, ou outra de fácil remoção, nas cantoneiras laterais da entrada do equipamento.

Ao se projetar a chapa de proteção das partes móveis deve ser previsto um funil cônico com grade na entrada, para evitar entrada de objetos grandes no sistema. Este funil, com diâmetro maior de 400mm e diâmetro menor de 100 mm, deve ser removível para acoplamento de mangueira, no caso de alimentação por bombeamento.

Nos desenhos 06 e 06/03, anexo G, é possível identificar a chapa de entrada modificada, enquanto nos desenhos 06, 06/01 e 06/02, do mesmo anexo, tem-se a disposição do funil de entrada, fixado na chapa de isolamento das partes móveis.

7.4.2 Subconjunto condutor de material

De uma maneira geral não existe necessidade de maiores modificações no dispositivo condutor, pois o mesmo demonstrou bom desempenho nos testes. Nos desenhos modificados 06 e 06/02, do anexo G, verifica-se que a configuração deste dispositivo não sofreu alterações.

Devido à vazão de $5 \text{ m}^3/\text{h}$ a utilização de apenas dois raspadores em cada estágio é suficiente para condução eficiente do material. A inclinação de 20 graus dos raspadores deve permanecer, pois ela facilitou o deslocamento do material. O material dos raspadores (borracha) também mostrou bom desempenho e não precisa ser modificado.

Os raspadores devem atuar em toda a superfície das peneiras, inclusive no segundo estágio, para evitar acúmulo de material (ocorre fermentação de material e consequente mau cheiro). Recomenda-se substituir o material das hastes dos raspadores, por barras chatas de 25,4 x 6,35 mm para diminuir custos.

O material dos eixos, barras de 25,4 mm de diâmetro, conforme cálculos no anexo F, suportam bem as forças atuantes. Com relação aos mancais, recomenda-se utilizar os mesmos do modelo, pois eles trazem a vantagem de serem flexíveis à pequenos desalinhamentos dos eixos.

7.4.3 Subconjunto peneiras

Como a eficiência de separação do modelo foi baixa, recomenda-se a utilização de peneiras com diâmetro de furo menor, procurando uma melhoria nesta.

Recomenda-se o uso de 2 peneiras tipo elemento filtrante perfilado (figura 7.1) com as seguintes especificações comerciais: aço inoxidável AISI 304; fenda de 0,50 mm ou menor; 200 mm de raio; 600 mm de comprimento; disposição côncava; perfis 23VE/380VG (padrão comercial da empresa fabricante); sem acabamento. Os perfis triangulares desta peneira dificultam o entupimento das aberturas. Outra vantagem destes elementos é que não há a necessidade de se projetar sua fixação na estrutura, visando fácil remoção, devido à sua vida útil elevada.

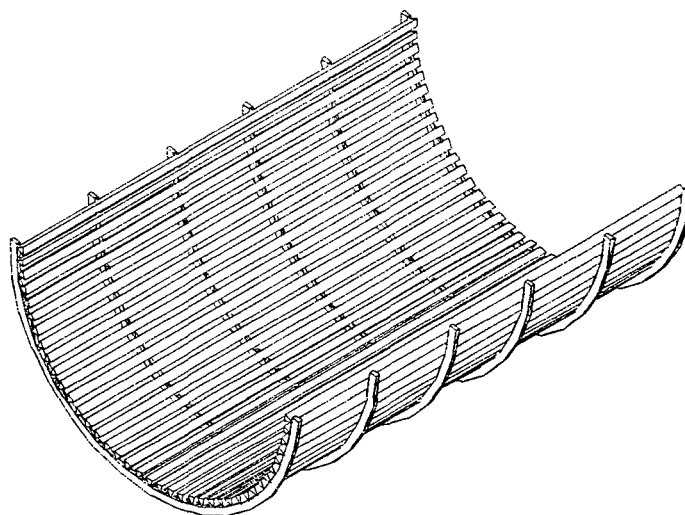


Figura 7.1 – Esquema do elemento filtrante perfilado em aço inoxidável.

Devido à estrutura reforçada destas peneiras, não há necessidade dos arames e das barras transversais no suporte. Apenas recomenda-se os três tubos, nos extremos das peneiras para servir de apoio às mesmas.

As chapas laterais da estrutura da peneira devem se estender a um nível acima dos eixos, para evitar saída de material pelas laterais, quando se operar com o equipamento com tampa aberta.

O desenho 06/03, anexo G, mostra detalhadamente as diferentes peças modificadas. Já o desenho 06/02, do mesmo anexo, mostra a disposição das peneiras no resto do equipamento modificado.

7.4.4 Subconjunto desidratador

As hastes (antebraços) do modelo se mostraram largas (25 mm), fazendo com que os roletes ficassem muito afastado das laterais da segunda peneira (fixação do antebraço ocorre na lateral do rolete). Recomenda-se utilizar barras chatas de 25,4 x 6,35 mm, na confecção das hastes, para amenizar este problema e diminuir custos de materiais.

Os roletes de madeira, envoltos em borracha não se mostraram eficientes. As borrachas soltaram logo e a madeira é um material que degrada (apodrece) em um período curto. Recomenda-se utilizar roletes em aço inoxidável ou polímero, que proporcionarão elevada vida útil. Novos testes precisam ser feitos para verificar se ainda ocorre muito aderência de sólido separado ao redor dos novos roletes sugeridos. Caso positivo, existe a necessidade de se projetar raspadores para estes roletes, como foi feito nos últimos testes de campo do modelo. Também recomenda-se testes futuros com roletes de diâmetro maior, para verificar se há interferência no teor de líquido no sólido separado.

As buchas das articulações dos roletes devem ser construídas em bronze, para menores custos de manutenção (diminui desgastes). Recomenda-se utilizar parafusos, para fixar as flanges dos roletes e as barras de suporte das molas.

7.4.5 Subconjunto saída de sólidos e líquidos

Na saída de líquido recomenda-se soldar pedaço de tubo ou chapa (100 - 150 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro), onde será encaixado um tubo (conduzirá o líquido separado para um depósito ou lagoa). A saída de sólido permanece uma chapa com inclinação maior, em relação ao modelo, para não acumular material sobre a mesma.

7.4.6 Estrutura do equipamento

As chapas para suporte das peneiras e dos eixos e para coleta de material líquido devem ser de 2 mm de espessura em forma de uma caixa. Estas chapas devem ser mais altas (100 mm), em relação ao modelo, para evitar que dejetos seja lançado para fora do separador. O desenho 06/03, anexo G, destaca esta maior altura.

No lugar das barras vazadas, utilizadas na estrutura do modelo, como sugestões de modificações recomenda-se a utilização de cantoneiras (25 x 25 x 7 mm), em aço ABNT 1020, para suporte dos mancais, da chapa de entrada, do motor e redutor e para as pernas do equipamento. Estas cantoneiras oferecerão maior resistência, diminuirão a vibração e facilitarão a montagem (soldagem), além de serem mais baratas.

Como objetiva-se a utilização do equipamento em uma unidade móvel, recomenda-se a soldagem de chapas e/ou cantoneiras perfuradas, entre as pernas, para fixação nesta unidade. A fixação das pernas na estrutura deve ser também por soldagem (maior rigidez).

Para isolar as partes móveis (roletes, raspadores, correias) e odores, recomenda-se o uso de chapas de 1mm espessura, facilmente removível (fácil acesso às partes). Este conjunto de chapas deve ser apoiada em borrachas para diminuir vibração. A figura 7.2 e os desenhos 06, 06/01 e 06/02, anexo G, ilustram como deve ser a disposição destas chapas no equipamento modificado. Recomenda-se utilizar borracha também nas pernas, para diminuir vibração quando equipamento está em operação.

Devem ser prevenidos fixação da estrutura, sempre que possível, por parafusos, em vez de soldagem, para fácil desmontagem. Este procedimento necessita maiores estudos, porque a soldagem proporciona maior rigidez do conjunto, e menor custo, em relação ao uso de parafusos.

Por fim também devem ser prevenidos pontos de apoio na estrutura, como a presença de argolas, para facilitar manuseio e transporte do equipamento, e o mínimo de cantos vivos, para maior segurança do operador e transportadores.

7.4.7 Fonte de potência e sistema de transmissão

O uso de polias de alumínio e correias é mais indicado na modificação do modelo, em relação às rodas dentadas e correntes, pois são mais baratas, de construção mais simples e funcionamento mais silencioso. Por se ter um ambiente de trabalho úmido e corrosivo, as correias oferecem maior vida útil. Recomenda-se o uso de sistema de correia e polias em “V”, entre o motor e o redutor e entre o redutor e o primeiro eixo, e correia e polia dentada entre os dois eixos, para evitar escorregamento e deslizamento e proporcionar o sincronismo. Há a necessidade (já observado na ocasião dos testes) de uso de rasgo de chaveta, e chaveta, no lugar de pino, para fixação das polias nos eixos.

Com relação ao motor, verificou-se que, através dos cálculos efetuados no anexo F, é necessário uma potência de apenas 0,37 kW para movimentar o sistema. Neste valor levou-se em consideração o trabalho do motor com apenas 2/3 da tensão, prevenindo possíveis sobrecargas no sistema. O uso de chave de ignição com fusível também se faz necessário para proteger o sistema elétrico destas sobrecargas.

Como o equipamento está sendo projetado para o uso em pequenas propriedades, recomenda-se o acionamento manual, onde são necessários apenas a chave de ignição e 20 m de fios elétricos. Em caso de se utilizar um equipamento fixo, em apenas uma propriedade e trabalhando várias horas por dia, recomenda-se projetar um sistema de

acionamento automático, prevendo-se um painel elétrico com capacidade de desligar o sistema na ocorrência de sobrecargas.

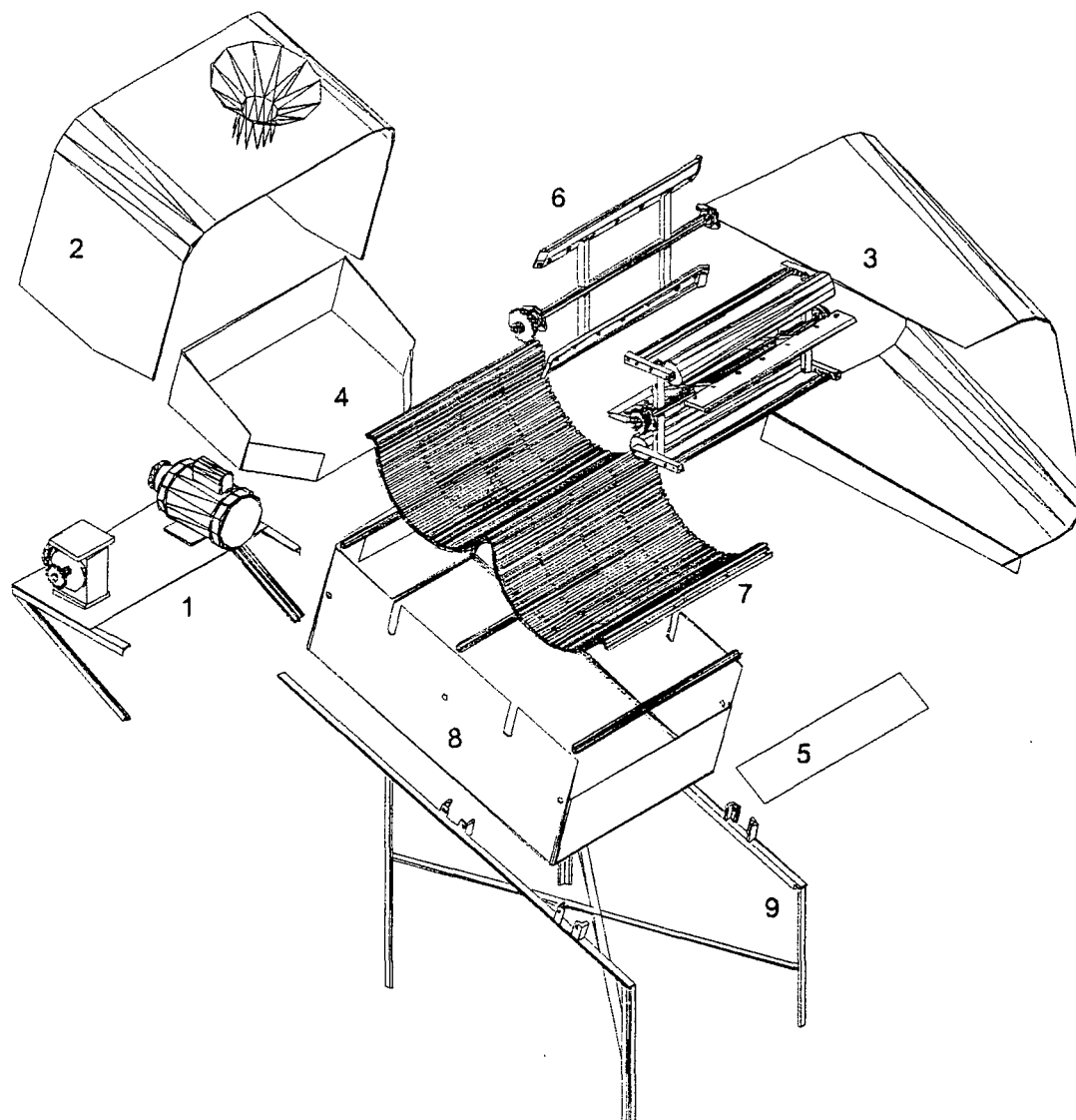


Figura 7.2 – Ilustração das partes componentes do separador modificado (protótipo definitivo): 1 - conjunto motor-redutor e sua estrutura; 2 - chapa de proteção com funil; 3 - chapa de proteção basculante; 4 - chapa de entrada de material; 5 - chapa de saída de sólidos; 6 - conjunto raspador e roletes; 7 - peneira perfilada; 8 - chapas de suporte da peneira; 9 - estrutura do equipamento.

Para proporcionar uma velocidade de rotação final próxima à testada no modelo é necessário utilizar redução de 2:1 do motor para o redutor, e de 2:1 do redutor para o primeiro eixo. Recomenda-se efetuar testes futuros com reduções finais ainda

maiores, no segundo eixo principalmente, para verificar se há interferência da velocidade no teor de líquido do dejetado sólido separado.

Recomenda-se situar a estrutura do motor e do redutor, no protótipo definitivo, na parte traseira do equipamento, abaixo da chapa de entrada do dejetado, para fácil acesso e manutenção. Esta estrutura, conforme esquematizada na figura 7.2, será composta de chapa (5 mm espessura) e cantoneiras (25 x 25 x 7 mm), em aço ABNT 1020, com esticadores de correias (furos frezados na chapa e parafusos). A fixação das partes deve ser feita por parafusos e soldagem.

O ruído, do equipamento em funcionamento, pode ser ainda menor utilizando um motor menor que o do modelo e isolando as conexões deste motor, com borracha, na estrutura.

7.4.8 Comparação entre os custos levantados no projeto conceitual e os custos de produção do modelo, considerando as modificações sugeridas

Na tabela 7.2 fez-se um levantamento dos preços das peças e componentes do modelo, levando em conta as modificações sugeridas e na tabela 7.3 tem-se os custos dos diferentes processos de fabricação envolvidos na construção deste.

Os diferentes valores listados nas tabelas 7.2 e 7.3 foram levantados no comércio (metalúrgicas da Grande Florianópolis/SC). Vale salientar que, se os materiais forem adquiridos em grande quantidade, o preço final será bem menor.

Revisando os custos levantados no projeto conceitual – estimativa de custo proposta por Ferreira [55] – tem-se, para a concepção escolhida um custo de material de R\$ 1.575,44 e custo de fabricação/montagem de R\$ 1.365,00.

Os custos maiores de materiais no protótipo definitivo (R\$ 2.310,69), foram devidos, principalmente, ao uso de um redutor, duas polias dentadas (para correias dentadas) em alumínio, duas peneira perfiladas e ao maior número de chapas compondo a estrutura do equipamento. Estes componentes não estavam previstos no projeto conceitual, mas são fundamentais para o bom desempenho do equipamento.

Por outro lado, obteve-se um custo de fabricação (R\$ 456,50) bem menor que o estimado pela metodologia de Ferreira [55]. No projeto conceitual, foi feita uma estimativa muito alta, destes custos, devido principalmente à previsão exagerada no tempo de fabricação e montagem das partes.

Levando em conta que o custo de produção (peças, fabricação e montagem) do equipamento corresponde à 65 % do seu custo de aquisição, tem-se um custo de aquisição de R\$ 4.257,21 no protótipo modificado, o que é bem menor que os R\$ 4.524,09 estimados no capítulo IV para o mesmo equipamento.

Apesar destas diferenças na análise de custos, em ambos os casos os resultados atendem às especificações de projeto (tabela 3.3). O fundamental para que as estimativas de custos de produção no projeto conceitual dêem bons resultados é que a equipe de projeto tenha um bom conhecimento de materiais e dos processos industriais que abrangem toda a fabricação e montagem de produtos afins, além do conhecimento das necessidades dos consumidores.

7.4.9 Outras sugestões de pesquisa

Vale ressaltar a importância de desenvolvimento de outras pesquisas, além das de modificações do modelo, que estão direta ou indiretamente envolvidas com este projeto. Entre estas pesquisas pode-se citar:

- Custos indiretos envolvidos com o projeto, entre eles os custos com hospitais para tratar pessoas doentes, devido à ingestão de água contaminada com coliformes e custos com tratamento de água contaminada;
- Políticas de custos/benefícios (investimentos/subsídios) relativos à tecnologia de separação de fases de dejetos;
- Estudos de investimentos do estado para transformar a água contaminada com dejetos em água potável.

Tabela 7.2 – Levantamento de preços de materiais para construção do modelo, considerando as modificações sugeridas – preço de venda ao consumidor

Especificações (*)	Unidade	Custo unit. (R\$)	Quantidade	Custo total (R\$)
Chapa 5 mm espessura – aço ABNT 1020	1,20 x 3 m	121,75	0,14 m ²	17,05
Chapa 2 mm espessura	1 x 2 m	192,00	3,28 m ²	314,88
Chapa 1 mm espessura	1 x 2 m	100,00	1,60 m ²	160,00
Barra redonda – Ø 9,5 mm	6 m	32,52	2,40 m	13,01
Barra redonda – Ø 20 mm	6 m	68,50	0,56 m	6,39
Barra redonda – Ø 25,4 mm	6 m	33,60	1,45 m	8,12
Barra chata 25,4 x 6,35 mm	1 m	9,46	4,91 m	46,45
Barra chata 33 x 3 mm	1 m	7,49	2,45 m	18,35
Tubo Ø 25,4 mm – 3,17 mm espessura	1 m	9,23	1,82 m	16,80
Tubo Ø externo 70 mm	1 m	38,00	1,20 m	45,60
Cantoneira 25 x 25 x 7 mm – aço ABNT 1020	6 m	20,00	7,25 m	24,17
Tela com abertura de furo de 10 mm	1 m ²	100,00	0,20 m ²	20,00
Parafusos (porcas) M5 x 0,5		0,19	04	0,76
Parafusos (porcas) M6 x 1,5		0,35	28	9,80
Parafusos (porcas) M8 x 1,5		0,50	20	10,00
Parafusos (porcas) M10 x 2,0		0,77	10	7,70
Peneira perfilada – fenda 0,50 mm		323,87	2	647,75
Motor 1750 rpm, 0,37 kW (0,5 CV)			1	99,00
Redutor 1:40 tipo rosca-sem-fim T-R2			1	259,00
Polia em "V" Ø 80 mm – alumínio			2	8,06
Polia em "V" Ø 160 mm - alumínio			2	26,26
Polia dentada Ø 70 mm – alumínio		145,00	2	290,00
Correia em "V" – 1 tipo A45 e			1	8,21
1 tipo A70			1	10,62
Correia dentada – distância entre eixos = 420 mm; Ø polia = 70 mm			1	13,00
Rolamentos d = 20 mm com capa mancal – tipo Y-ET 204		20,00	4	80,00
Molas – fio Ø 2 mm, 17 voltas, Ø da volta de 18 mm		5,00	4	20,00
Chapa de borracha (com camada de lona internamente) de 4mm espessura	1 m ²	29,00	0,40 x 0,60 m	6,96
Tubo de borracha Ø interno = 70mm	1 m	40,00	1,20 m	48,00
Chapa de borracha 1,5mm espessura	1 m ²	25,00	0,45 x 0,60 m	6,75
Fiação elétrica (20 m) para 0,37 kW e chave de ignição com fusível			1	40,00
Tinta fundo			1	5,00
Tiner			1	5,00
Tinta anticorrosiva			1	10,00
Massa plástica de vedação			1	3,00
Eletrodo solda MIG				5,00
TOTAL				2.310,69

(*) – chapas, barras, tubos, molas, peneiras e parafusos em aço inoxidável.

Tabela 7.3 – Custo de fabricação e montagem do modelo, considerando as modificações sugeridas – preço de vendas ao consumidor

Descrição	Tempo (h)	Custo unitário (R\$/h)	Custo total (R\$)
a) ENTRADA			
Corte	0,4	20,00	8,00
Dobramento	0,2	20,00	4,00
Soldagem	0,5	25,00	12,50
Furação	0,2	20,00	4,00
Montagem	0,2	25,00	5,00
Pintura	0,3	20,00	6,00
SUBTOTAL	1,8	-	39,50
b) DISPOSITIVO CONDUTOR			
Corte/dobramento	1,2		24,00
Furação	1,2		24,00
Soldagem/montagem	0,6		15,00
Usinagem	1,2	25,00	30,00
Pintura	0,2		4,00
SUBTOTAL	4,4	-	97,00
c) PENEIRA/ESTRUTURA			
Corte/dobramento	0,6		12,00
Usinagem	0,2		5,00
Furação	0,2		4,00
Soldagem/montagem	2,4		60,00
Pintura	0,5		10,00
SUBTOTAL	3,9	-	91,00
d) DISPOSITIVO DESIDRATADOR			
Corte	1,2		24,00
Furação	1,2		24,00
Soldagem/montagem	1,2		30,00
Usinagem	2,4		60,00
Pintura	0,2		4,00
SUBTOTAL	6,2	-	142,00
e) ESTRUTURA E CHAPAS			
Corte	0,7		14,00
Furação	0,4		8,00
Soldagem/montagem	0,5		12,50
Pintura	0,4		8,00
SUBTOTAL	2,0	-	42,50
f) TRANSMISSÃO E SUPORTE			
Corte	0,3		6,00
Fresagem	0,5	35,00	17,50
Furação	0,5		10,00
Soldagem/montagem	0,2		5,00
Pintura	0,3		6,00
SUBTOTAL	1,8	-	44,50
TOTAL	20,1	-	456,50

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [01] INSTITUTO CEPA/SC. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina - 1995.** Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 1996. p.148.
- [02] REVISTA SUINOCULTURA INDUSTRIAL. **Presente merecido.** In: **Revista Suinocultura Industrial**, nº 126, ano 20, p. 14 - 17, jan./fev./mar./97. Porto feliz/SP: Gessulli Editores, 1997. 34 p.
- [03] SOUZA, A. **Integração: a força do agribusiness.** In: **Revista Manchete Rural - Anuário**, nº 106, p. 116 - 122, abr./96. Rio de Janeiro: Bloch Editores S. A., 1996. 162 p.
- [04] OLIVEIRA, P. A. V. de, coord. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: CNPSA/EMBRAPA, 1993. 188p. (Documento nº 27).
- [05] FRANCO, H. M. & TAGLIARI, P. S. Santa Catarina prepara-se para enfrentar seu maior problema ambiental. In: **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 7, nº 2, p. 14 - 18, jun./94. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 52 p.
- [06] A.C.C.S. **Produção de suínos x meio ambiente.** In: **Suinocultura Catarinense**, nº 130, p. 3, mar./abr./93. Concórdia: A.C.C.S., 1993. 8 p. (Boletim Informativo).
- [07] INSTITUTO CEPA/SC. **Números da agropecuária catarinense - maio/97.** Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 1997. 28 p.
- [08] INSTITUTO CEPA/SC. **O contexto da suinocultura catarinense em relação ao mundo.** Florianópolis: Instituto CEPA/SC, [1996?]. 3 p. (Notas)
- [09] INSTITUTO CEPA/SC. **Suínos: síntese anual da agricultura de Santa Catarina.** Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 1990. v.1.
- [10] EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos.** Florianópolis: EPAGRI/CNPSA-EMBRAPA, 1995. 106 p.

- [11] IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal** - 1994 - Santa Catarina - Tabulação. Florianópolis: IBGE - DIPEQ/SC, 1994.
- [12] TESTA, V. M. et al. **O desenvolvimento sustentável do Oeste Catarinense** (proposta para discussão). Florianópolis: EPAGRI, 1996. 274 p.
- [13] TAPSUI. **Problemas e soluções para a suinocultura tradicional**. Nova Odessa: TAPSUI, 1995. (Folheto Explicativo).
- [14] CHRISTMANN, A. **Sistema de manejo e utilização dos esterco de suínos nas pequenas propriedades rurais**. Florianópolis: ACARESC, 1988. 54 p. (Manual para Técnicos da ACARESC).
- [15] SCHERER, E. E. et al. Método rápido para determinação da qualidade fertilizante do esterco líquido de suínos a campo. In: **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 8, nº 2, p. 40 - 43, jun./95. Florianópolis: EPAGRI, 1995. 60 p.
- [16] FERNANDES, C. O . M. & OLIVEIRA, P. A. V. Armazenagem de dejetos suínos. In: **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos** - EPAGRI/ CNPSA-EMBRAPA, p. 35 - 66. Florianópolis: EPAGRI/ CNPSA-EMBRAPA, 1995. 106 p.
- [17] TAGLIARI, P. S. Saneamento ambiental pretende mudar a realidade das comunidades rurais. In: **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 9, nº 1, p. 24 - 27, mar./96. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 48 p.
- [18] AGRODATA. **Manejo de dejetos** - como usar dejetos suínos sem poluição. Curitiba: Agrodata Vídeo, [199-]. 60 minutos mais manual.
- [19] STEGEMANN, C. Suinocultura - limpeza produtiva. In: **Revista Globo Rural**, ano 11, nº 140, p. 45 - 47, jun./97. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1997. 90 p.
- [20] CNPSA/EMBRAPA -. **Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia/SC: CNPSA/EMBRAPA, 1994. 47 p. (Documento nº 32).

- [21] CNPSA-EMBRAPA/EPAGRI. **Programa de melhoria ambiental para as regiões de maior concentração de produção de suínos do Estado de Santa Catarina.** Concórdia: CNPSA/EMBRAPA/EPAGRI, 1993. 16 p. (Trabalho encomendado pela Secretaria da Agricultura).
- [22] POWERS, W. J. et al. Separation of manure solids from simulated flushed manure by screening or sedimentation. In: **Applied Engineering in Agriculture**, vol. 11 nº 3, p. 431 - 436, may/95. St. Joseph/MI: ASAE (American Society of Agricultural Engineering), 1995.
- [23] SCHERER, E. E. & CASTILHOS, E. G. de. Esterco de suínos de esterqueira e de biodigestor na produção de milho e soja consorciados. **Revista Agropecuária Catarinense**, vol.7, nº 2, p.19-22, jun./94. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 52 p.
- [24] REVISTA GLOBO RURAL. Integração - porco alimenta boi. In: **Revista Globo Rural**, ano 10, nº 118, p. 9 - 11, ago./95. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1995. 98 p.
- [25] ROCHA, R. Dejetos de suínos na alimentação de bovinos. In: ANAIS DO VII CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA - VII CAMED, p. 30 - 35, Campus III, 03 - 04/mai./95. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 1995. 128 p.
- [26] CHRISTMANN, A. Manejo dos estercos e dejetos animais. In: **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**, p. 163 - 180. Florianópolis: Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1991. 292p.
- [27] PAIVA, D. P. Moscas e seu controle integrado na suinocultura. In: **Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos**, p. 23 - 28. Florianópolis: EPAGRI/ CNPSA-EMBRAPA, 1995. 106 p.
- [28] SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46 p. (Boletim técnico nº 79).

- [29] CNPSA/EMBRAPA. Tratamento de dejetos. In: **Revista Suinocultura Industrial**, nº 28, ano 20, p. 30 - 36, ago./set./97. Porto feliz/SP: Gessulli Editores, 1997. 46p.
- [30] REIMANN, W. & SCHÖN, M. Fest-flüssig-trennung anaerob behandelter gülle. In: **Landtechnik Magazin**, 46^o jahrg., p. 527 - 530, nov./91.
- [31] BLAHA, K. Solids separation and dewatering. In: TAIGANIDES, E. P. **Animal Wastes**, p. 183 - 196. London: Applied Science Publishers Ltda, 1977. 430 p.
- [32] OVERCASH, M. R., HUMENIK, F. J. & MINER, J. R. **Livestock waste management**. v. 2. Flórida: CRC Press, 1983. p. 107 - 124. 244 p.
- [33] ASAE. ASAE S466 - Standards engineering practices data. In: **ASAE Standards 1994**, 41^a ediction. St. Joseph, MI: ASAE, 1994.
- [34] MERKEL, J. A. **Managing livestock wastes**. Westport, Connecticut: Avi Publishing Company Inc., 1981. p. 162 - 185. 420 p.
- [35] AGRODATA. **Como usar dejetos suíno na alimentação de bovinos**. Curitiba: AGRODATA vídeo, [199-]. Narração: Reinaldo Camargo. Apoio Agroceres - divisão animal. 42 minutos mais manual.
- [36] FARMERS BUILD LIMITED. **Farm Waste Engineering System**. Hawkhurst/England: FB Limited, [1996?]. (Prospecto Equipamento)
- [37] POLUTION CONTROL ENGINEERING LIMITED. **BKW Slurry Separator**. Prenton, England: Polution Control Engineering Limited, [1996?]. (Equipment prospect)
- [38] COMSUI LTDA. **Desidratadora de esterco suíno COMSUI**. Maringá/PR: COMSUI Ltda., 1989. (Prospecto equipamento)
- [39] FAN Engineering GmbH. **FAN Separator: agrar- technik**. Oelde: FAN Engineering GmbH, [1995?]. (Equipment prospect)

- [40] POMPÉIA DO BRASIL LTDA. **Conjunto separador de sólidos de dejetos suínos**. Rio do Sul/SC: Pompéia do Brasil Ltda, 1996. (Prospecto equipamento)
- [41] METALÚRGICA J. KRÜHS MONTAGENS LTDA. **Prensa recicladora ECO - 500**. Joaçaba/SC: Metalúrgica J. Krühs Montagens Ltda., 1996. (Prospecto equipamento).
- [42] KOEGEL, R. G. et al. Design of reciprocating press for solid-liquid separation of dairy cattle waste. In: VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND FOOD PROCESSING WASTE - p. 269 - 274. St Joseph: ASAE, 1990. 547 p.
- [43] FELLOWS, P. **Food processing technology: principles and practice**. Chichester, England: Ellis Horwood, 1988. p. 130 - 145. 505 p.
- [44] WELLER, J. B. & WILLETTS, S. L. **Farm waste management**. London: Granada Publishing Limited, 1977. p. 45 - 68. 234 p.
- [45] BRENNAN, J. G. et al. **Food engineering operations**. London, Amsterdam and New York: Elsevier Publishing Company Limited, 1969. p. 120 - 149. 444 p.
- [46] ZHANG, R. H. & WESTERMAN, P. W. Solid-liquid separation of annual manure for odor control and nutrient management. In: **Applied Engineering in Agriculture**, v. 13, nº 3, p. 385 - 393, may/1997. St. Joseph: ASAE (ISSN 0883-8542), 1997. 126 p.
- [47] ESMAY, M. L. Dehydration system for feedlot wastes. In: TAIGANIDES, E. P., **Animal Wastes**, p. 197 - 211. London: Applied Science Publishers Ltda, 1977. 430 p.
- [48] COOPERATIVE EXTENSION SERVICE - THE OHIO STATE UNIVERSITY. **Manual de manejo do esterco de animais**. Tradução: Nicoleta Theodoro Nicolacópulos. Florianópolis: ACARESC, 1984. 69 p.
- [49] ASAE. **Livestock waste facilities handbook**. 2 ed. St. Joseph/MI: ASAE, 1985. 114 p.

- [50] JELÍNEK, T. Collection, storage and transport of swine wastes. In: TAIGANIDES, E. P., **Animal Wastes**, p. 165 - 174. London: Applied Science Publishers Ltda, 1977. 430 p.
- [51] CSILLAG, J. M. **Análise do valor: Metodologia do valor**. São Paulo: Atlas, 1995
- [52] PAUL, B., BEITZ, W. **Engineering Design: a sistematic approach**. London: The Design Council, 1988. p. 124. 540 p.
- [53] FERREIRA, M. G. G. **Utilização de modelos para representação de produtos no projeto conceitual**. Florianópolis, 1997 - Dissertação - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- [54] FRENCH, M. J. **Conceptional design for engineers**. 2 ed. London: Deign Council, 1985. 226 p.
- [55] FERREIRA, C. V. **Estimativa de custos de produtos na fase de projeto conceitual: uma metodologia para seleção da estrutura funcional e alternativa de solução**. Florianópolis, 1997 - Dissertação - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- [56] BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 390 p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

PERES, J. E. G. **Reprojeto de uma semeadora de arroz pré-germinado**. Florianópolis, 1997 - Dissertação - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

LUCIANO, M. A . **Desenvolvimento de uma semeadora adubadora por covas acoplável a tratores de rabiças**. Florianópolis, 1997 - Dissertação - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

BERTAPELLI, M. V. **Desenvolvimento de protótipo de semeadora-adubadora por covas para o plantio direto**. Florianópolis, 1995 - Dissertação - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica - CPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

GLOSSÁRIO

Atividade suinícola: atividade caracterizada por qualquer modalidade de criação de suínos (ciclo completo, terminação ou engorda, criação de leitões).

Biogás: gás metano originado pela atividade de fermentação anaeróbia de materiais orgânicos, como dejetos animais e restos de comidas.

Cama de aviário: material recolhido dos aviários, que serve para forrar o chão, contendo vegetal seco (palha de arroz, maravalha ou outro) e fezes e urina de frango.

Canaletas coletoras de dejetos: condutores abertos, geralmente construídos em alvenaria, que coletam os dejetos das instalações e os conduzem até locais de armazenamento.

Capacidade de Troca de Cátions (CTC): é a soma das bases trocáveis (cátions Cálcio - Ca^{2+} , Magnésio - Mg^{2+} , Potássio - K^{+} - e Sódio - Na^{+}) com a acidez trocável (cátions Hidrogênio - H^{+} - e Alumínio - Al^{3+}), presentes nas partículas do solo. Estes cátions influenciam nas características do solo, principalmente na sua fertilidade. Solos mais férteis normalmente tem mais CTC.

Carga orgânica do dejetos: é a matéria orgânica presente no dejetos, medida em termos de DBO - DQO e sólidos voláteis.

Clarificação: limpeza e purificação dos líquidos turvos, ou seja, diminuição do poder poluente dos dejetos através da fermentação e decantação dos sólidos.

Coliformes fecais: parasitas (vermes) presentes em dejetos humanos e de animais, que, se ingeridos, causam diversas doenças, desnutrição e até morte.

Composto: produto resultante do processo de compostagem.

Crivos de peneira: aberturas (malhas) da peneira.

DBO - DQO: representa, indiretamente, o conteúdo de matéria orgânica de um resíduo através da medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente (DQO) ou biologicamente (DBO) a matéria orgânica.

Degradação biológica: processo de degradação da parte orgânica do dejetos em partículas menores e menos poluentes, executado por organismos presentes e/ou inseridos neste.

Dejetos: conjunto de fezes, urina, água desperdiçadas pelos bebedouros, água de higienização, resíduos de ração, cabelos, poeira, restos de pastos verdes e outros resultantes do processo criatório de animais [21].

Efluentes: parte líquida resultante, após o dejetos e águas residuais passarem por um processo de tratamento físico, biológico e/ou químico.

Equivalente carcaça: peso, em relação ao peso vivo, do animal abatido, referente ao esqueleto e a carne (músculos e gorduras).

Erosão superficial: perda (desagregação, transporte e deposição) de solo provocado pela ação das águas da chuva, que ocorre a nível de superfície do solo.

Fauna: conjunto de animais de uma determinada região.

Fermentação do dejetos: transformação química do dejetos, ocasionada por organismos presentes no mesmo.

Floculantes: produtos químicos ou biológicos que provocam floculação (junção de partículas menores formando flóculos) das partículas sólidas presentes no dejetos.

Flora: conjunto de diferentes espécies vegetais de uma determinada região.

Infiltração: entrada de líquido pela superfície do solo.

Influentes: parte líquida que entra num processo de tratamento do dejetos.

K₂O: Óxido de Potássio - 83% de Potássio (K) elementar.

Lixiviação: carreamento (deslocamento) de nutrientes para camadas mais profundas do solo.

Palatabilidade: consiste na maior ou menor aceitação (em relação a sabor) de um determinado alimento por um animal ou ser humano.

Pocilgas: local onde são criados os suínos, caracterizado por um conjunto de baias (divisões de madeira ou alvenaria); comedouros, bebedouros e corredores para manejos destes suínos.

Polímeros: produto químico utilizado para provocar a floculação de partículas de sólidos.

P₂O₅: Pentóxido de Fósforo – 44 % de Fósforo (P) elementar.

Qualidade organoléptica: qualidades referentes ao sabor dos alimentos e a presença ou não de organismos e/ou produtos químicos que podem afetar a saúde do consumidor.

Ruminantes: animais mamíferos que praticam a ruminação (submeter o alimento a uma segunda mastigação após reconduzir este alimento do estômago à boca).

Silagem: alimento animal, fornecido normalmente à bovino, composto de um ou mais vegetais picados e fermentados em ambiente de anaerobiose (ausência de ar). Normalmente é utilizado o milho, que é picado e colocado no silo (local onde sofrerá fermentação) no período de verão para alimentar o gado no inverno, onde se tem escassez de pastos.

Sistema de confinamento: criação de animais em ambiente fechado, caracterizado pela concentração de grande número de animais em pequenas áreas.

Sistema de integração: o criador recebe a matriz (reprodutora), a ração e todos os insumos a preços de custo, se comprometendo a vender os lotes para a agroindústria ou cooperativa à qual o criador é integrado.

Sistema de parceria: a agroindústria fornece a ração, os leitões e a assistência técnica aos produtores, sendo que estes últimos se comprometem em entregar os suínos terminados à primeira.

Sistema especializado: o suinocultor é responsável por desenvolver apenas uma etapa de criação (ou produção de leitões - PL - ou terminação).

Sistema extensivo de criação: animais criados ao ar livre, em grandes extensões de áreas.

Sistema semi-extensivo de criação: animais criados ao ar livre, em áreas menores que o sistema extensivo, que são recolhidos ao estábulo (lugar coberto) em determinados períodos do dia.

Sólidos totais: é a matéria seca do dejetos.

Sólidos voláteis: são sólidos que podem se reduzir à gás ou vapor.

Taxa de abate: valor obtido através da relação entre a quantidade de suínos abatidos/ano e o total do rebanho suíno na propriedade.

Tratamento aeróbio: é o tratamento (redução do poder poluente) dos dejetos feito por bactérias que trabalham na presença de oxigênio.

Tratamento anaeróbio: ou digestão anaeróbia, é o tratamento (redução do poder poluente) dos dejetos feito por bactérias que trabalham na ausência do oxigênio.

Tratamento biológico: estimulação da atividade biológica de organismos que, ativos, reduzem o poder poluente do dejetos.

Volatilização: ato de reduzir à gás ou vapor.

ANEXO A

QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Projeto de Pesquisa: "DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SEPARADOR DE
SÓLIDOS DE DEJETOS ANIMAIS, DESTINADO AOS PEQUENOS
AGRICULTORES."

Mestrando (pesquisador): Sérgio Neres da Veiga

data: 20/06/97

Questionário para levantamento de dados referentes ao tratamento de dejetos suínos
e para o estabelecimento de necessidades e requisitos de projeto do separador de
sólidos de dejetos animais, em propriedades rurais da região do Alto Uruguai
Catarinense.

Período da pesquisa: julho de 1997

A - DADOS DA PROPRIEDADE

1. Município: _____

2. Proprietário: _____ Idade: _____

3. Situação do suinocultor: ☐ Integrado ☐ Independente

4. Pessoas envolvidas no trabalho da propriedade:

	Idade (anos)	Situação	Dedicação à suinocultura	
			Período	Horas/dia
Pessoa A	(__)	(__)	(__)	(__)
Pessoa B	(__)	(__)	(__)	(__)
Pessoa C	(__)	(__)	(__)	(__)
Pessoa D	(__)	(__)	(__)	(__)
Pessoa E	(__)	(__)	(__)	(__)
Pessoa F	(__)	(__)	(__)	(__)
Pessoa G	(__)	(__)	(__)	(__)

Situação - (1 = esposa; 2 = filho(a); 3 = genro; 4 = nora; 5 = parente; 6 = contratada);

Período - (I) = integral; (P) = parcial e (N) = não trabalha com suinocultura.

5. Área total da propriedade, em hectares: _____

6. Área cultivada na propriedade, em hectares: _____

7. Número total do rebanho suíno na propriedade: _____

8. Qual a modalidade de exploração suinícola:

☐ Ciclo completo

☐ Maternidade

☐ Crescimento

☐ Terminação

9. Tipo e condições das instalações:

☐ Alvenaria _____

☐ Madeira _____

☐ Outras _____

10. Qual a renda da propriedade proporcionada pela suinocultura ? _____

11. A suinocultura é a única fonte de renda?

☐ Sim _____

☐ Não _____

12. Outras explorações na propriedade, e sua respectiva área:

Tipo de exploração	Área ocupada

13. Quais os motivos (aspectos) que impedem a expansão na atividade (falta de apoio ou outros)? _____

14. Outras Observações: _____

1. Tipo de piso nas instalações suinícolas:

- ## 2. Técnica de limpeza dos dejetos:

- ### 3. Coleta dos dejetos:

4. Capacidade de armazenamento de dejetos (m³): _____

5. Gostaria de aproveitar melhor o dejetos? ☐ Sim ☐ Não

6. Técnicas de tratamento de dejetos empregadas (uma ou mais alternativas):

- ☐ Tratamento anaeróbio: ☐ Lagoas anaeróbias
 - ☐ Esterqueiras convencionais;
 - ☐ Biodigestores;
 - ☐ Outros: _____

7. Quantidade de dejetos utilizados como adubos/ano:

- ☐ Não é utilizado ☐ Utilização parcial (m³) ☐ Utilização integral (m³)

8. Quantos hectares de lavouras são adubados com dejetos suíno? _____

9. Quantidade de dejetos suíno utilizados para alimentação de outros animais, se for o caso:

- ☐ Bovinos: ☐ Utilização parcial (_____ m³);
☐ Utilização integral (_____ m³);
- ☐ Peixes: ☐ Utilização parcial (_____ m³);
☐ Utilização integral (_____ m³);
- ☐ Outros: _____

10. Outras observações: _____

C - MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS

1. Tratores: _____

2. Distribuidores de dejetos: ☐ Não possui;

☐ 2.000 litros;

☐ 3.000 litros;

☐ 5.000 litros;

☐ Outros: _____

3. Sistema de distribuição por aspersão (caso positivo, especificar):

☐ Não possui ☐ Possui _____

4. Tipo de equipamento para separação das fases sólido/líquido do dejetos, se for o caso: _____

5. Outros equipamentos: _____

6. O produtor teve experiência com algum tipo de tratamento antes, ou conhece outras experiências? _____

D - ESTABELECIMENTO DAS NECESSIDADES E REQUISITOS REFERENTES AO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS SUÍNOS

1. Existe interesse por um equipamento que realize a separação dos sólidos dos dejetos dos suínos?

☐ Sim _____ ☐ Não _____

2. Custo esperado do equipamento: R\$ _____

3. Eficiência de separação (% de sólidos separado, em relação aos sólidos totais do dejetos) desejada: ☐ Até 30 % ☐ 30 – 60 % ☐ Acima de 60 %

4. Qual o teor de umidade desejado no sólido separado:

☐ até 25 % ☐ 25 – 50 % ☐ 50 – 80 % ☐ Outros: _____

5. Capacidade desejada de separação do equipamento: ☐ Baixa (até 2 m³ de dejetos/h);

☐ Média (2 à 10 m³ de dejetos/h);

☐ Alta (acima de 10 m³ de dejetos/h)

6. Qual o sistema de alimentação desejado do equipamento:

☐ Bombeamento ☐ Por gravidade ☐ Outros: _____

7. Qual o volume (tamanho) desejado para o equipamento:

☐ 1,0 m³ ☐ 0,5 m³ ☐ Outros: _____

8. Qual o peso desejado para o equipamento:

☐ 100 kg ☐ 200 kg ☐ 300 kg ☐ Outros: _____

9. A aparência do equipamento é importante?

☐ Sim _____ ☐ Não _____

10. Qual o consumo de potência desejado do equipamento: ☐ Até 1,0 cv;

☐ De 1,0 à 5,0 cv;

☐ Acima de 5,0 cv _____

11. E com relação ao acionamento do equipamento:

☐Manual ☐Elétrico ☐Outros: _____

12. Fontes de potências para o motor:

☐Gasolina ☐Energia elétrica
☐Diesel ☐Energia solar
☐Querosene ☐Outros: _____

13. A operação do sistema de separação deve ser automatizada?

☐sim _____ ☐Não _____

14. Tempo de vida útil desejado do equipamento:

☐3 à 5 anos ☐5 à 10 anos ☐10 à 15 anos ☐Outros: _____

15. Há interesse que o equipamento possa ser flexível para separar dejetos de outros animais, ou outros usos?

☐Sim _____ ☐Não _____

Para quais dejetos ou usos ?

☐Dejeto bovino ☐Dejeto de aves de postura ☐Outros: _____

16. O equipamento pode ser usado de maneira coletiva com outros produtores? Porquê?

☐Sim _____ ☐Não _____

17. Há interesse em um equipamento que possibilite a instalação em uma unidade móvel?

☐Sim _____ ☐Não _____

18. Em que ambiente o equipamento será instalado?

☐Numa cota inferior ao piso das pocilgas;
☐Numa cota superior ao piso das pocilgas;
☐Em ambiente coberto;
☐À céu aberto;
☐Outros: _____

19. Em qual condições do dejetos pretende-se fazer a separação das fases?

☐Dejeto "in natura" ☐2 – 5 meses armazenado
☐Até 1 semana armazenado ☐Acima de 5 armazenado
☐Até 1 mês armazenado

20. No caso de já possuir um equipamento similar, quais os seus pontos negativos e positivo? _____

21. Alguma outra observação a ser feita:

- Relativa ao equipamento _____

- Relativa ao uso do equipamento _____

- Outras observações: _____

ANEXO B

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO DE PRODUTOS NO PROJETO CONCEITUAL PARA SELEÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL MAIS ADEQUADA

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO DE PRODUTOS NO PROJETO CONCEITUAL PARA SELEÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL MAIS ADEQUADA

Para a escolha da melhor estrutura funcional, abordada no capítulo IV, ou seja, aquela com melhor viabilidade do ponto de vista técnico e econômico, foi utilizada a metodologia de estimativa de custos de produtos no projeto conceitual, proposta por Ferreira [55]. Este autor propõe a seleção da estrutura funcional através de uma matriz de decisão, que analisa cada requisito técnico e de custo (determinados no capítulo III). Mas, antes da elaboração desta matriz, é necessário preparar as informações sobre os requisitos técnicos e de custos, com o objetivo de gerar maior número de informações ao processo de projeto e facilitar a posterior seleção. A preparação, conforme Ferreira [55], destas informações segue os seguintes passos:

- **1º Passo:** Listagem das necessidades técnicas (desempenho técnico) e de custos diretos, que já foram relacionadas no capítulo III, onde as relativas ao custo são o baixo custo de aquisição, peças e componentes baratos e operação e manutenção baratas;
- **2º Passo:** Listagem dos requisitos técnicos e de custos necessários ao desenvolvimento do projeto. Na figura 3.8 (Casa da Qualidade¹) é feita a avaliação entre as necessidades dos clientes e requisitos de projeto, onde obteve-se uma classificação destes requisitos por grau de importância. A tabela B.1 traz os requisitos de projeto, com os respectivos pesos relativos (obtidos da figura 3.8).

Nesta tabela os requisitos de projeto e seus pesos relativos são listados em ordem de importância. A primeira coluna dos pesos relativos (PR) se refere aos valores (PR_{RP} – requisitos do produto) calculados considerando os requisitos técnicos e de custos conjuntamente. Na segunda coluna de pesos relativos, estão listados os valores (PR_{RC} – requisitos de custos) calculados considerando apenas os requisitos de custos, e na terceira coluna de pesos relativos, estão listados apenas os valores (RP_{RT} – requisitos técnicos) calculados considerando os requisitos técnicos. Esta tabela vem enfatizar a grande importância dos requisitos de custos para o projeto do separador de dejetos, principalmente o custo de aquisição, peças e componentes, fabricação e manutenção;

- **3º Passo:** Listagem das especificações técnicas e de custos de maneira resumida, tiradas da tabela 3.3 (especificações técnicas detalhadas). A tabela B.2 traz um resumo das especificações técnicas do produto e a tabela B.3 mostra um resumo das especificações de custos, com o custo relativo (em relação ao ciclo de vida) e com o custo absoluto (custo meta, em reais).

Tabela B.1 – Requisitos de projeto e pesos relativos

Requisitos	Pesos relativos		
	PR _{RP} (%)	PR _{RC} (%)	PR _{RT} (%)
1. Custo de aquisição	5,98	24,46	
2. Eficiência de separação	5,21		6,90
3. Teor de líquido no sólido separado	3,90		5,17
4. Formas de alimentação do equipamento	3,82		5,05
5. Capacidade de separação	3,69		4,88
6. Resistência 6 h / dia / 300 dias	3,36		4,45
7. Fontes alternativas de energia	3,34		4,42
8. Potência de operação	3,31		4,39
9. Custo de peças e componentes	3,29	13,48	
10. Tempo necessário para fabricação	3,10		4,10
11. Tempo necessário para montagem	3,10		4,10
12. Custo de fabricação	3,10	12,68	
13. Número de funções intermediárias	2,95		3,90
14. Custo de manutenção	2,94	12,05	
15. Frequência de manutenção	2,86		3,78
16. Processos de fabricação	2,66		3,52
17. Resistência à corrosão	2,60		3,44
18. Custo de montagem	2,55	10,45	
19. Peças padronizadas	2,44		3,23
20. Peso do equipamento	2,42		3,20
21. Volume do equipamento	2,20		2,92
22. Custos de testes e avaliação	2,20	9,02	
23. Peças recicláveis e reutilizáveis	2,14		2,83
24. Componentes modulares	2,09		2,77
25. Número de partes desmontáveis	2,07		2,74
26. Custo de operação	1,99	8,13	
27. Número de partes móveis expostas	1,94		2,57
28. Número de operadores necessários	1,86		2,45
29. Condições de falhas	1,66		2,19
30. Tempo necessário para treinamento	1,51		1,99
31. Quantidade de refugos na fabricação	1,48		1,96
32. Tempo de garantia	1,46		1,93
33. Peças de reposição	1,44		1,91
34. Número de comandos	1,29		1,70
35. Pontos de engate para transporte	1,27		1,67
36. Nível de vibração	1,24		1,65
37. Custo de modificação	1,24	5,09	
38. Tempo necessário para manutenção	1,20		1,59
39. Custo de descarte	1,13	4,64	
40. Número de cantos vivos	0,83		1,10
41. Nível de ruído	0,79		1,04
42. Comandos normalizados	0,35		0,46
TOTAL	100,00	100,00	100,00

O custo de aquisição referido na tabela B.3 é a soma dos custos de peças e componentes, fabricação, montagem, teste e avaliação do protótipo e modificação, que totalizam 70 %, sendo que os outros 30 % restantes se refere à outros encargos financeiros e lucro da empresa que irá produzir o equipamento. A meta do custo de aquisição do

equipamento é de R\$ 5.000,00. Na mesma tabela, é previsto um custo anual igual à 10 % do custo de produção, por ano, para a manutenção e 10 % para operação. Como a meta da vida útil do produto é de 6 anos, o custo total para manutenção, no ciclo de vida, é de 60 % do custo de produção. O mesmo se afirma com relação à operação. Aqui se considera o custo no ciclo de vida as despesas desde o projeto até o descarte do equipamento.

Tabela B.2 – Especificações técnicas resumidas do produto

Requisitos técnicos	Especificações/ objetivos
Eficiência de separação	Acima de 60 % (relação sólido separado/ST do dejetto)
Teor de líquido no sólido separado	Entre 50 e 80 % para facilitar posterior manejo
Formas de alimentação do eqpto.	Alimentação por gravidade ou bombeamento
Capacidade de separação	Separação de, no mínimo, 5 m ³ de dejetto/hora
Resistência 6 h/dia/300 dias	Mínimo de 6 anos de vida útil
Fontes alternativas de energia	Equipamento adequado para variação da fonte de energia conforme realidade local
Potência de operação	Máximo 5 kW de consumo pelo separador
Tempo necessário para fabricação	Máximo 40 horas para fabricação do produto
Tempo necessário para montagem	Máximo 20 horas para montagem do produto
Número de funções intermediárias	Mínimo possível, desde que não comprometa o desempenho do produto
Frequência de manutenção	Até 4 manutenções por ano
Processos de fabricação	Mínimo de processos possíveis, desde que não comprometa características de peças e componentes
Resistência à corrosão	Não apresentar sinais de corrosão antes de 4.000 horas de operação
Peças padronizadas	100 %, considerando parafusos, polias, rolamentos, etc.
Peso do equipamento	Máximo 200 kg para facilitar transporte
VOLUME do equipamento	Até 2,2 m ³ para não inviabilizar sistema móvel
Peças recicláveis e reutilizáveis	Utilização de pelo menos 70 % de peças recicláveis
Componentes modulares	Máximo possível para facilitar fabricação e montagem
Número de partes desmontáveis	O suficiente para facilitar manuseio, sem comprometer desempenho
Número de partes móveis expostas	Isolar todas as partes móveis existentes
Número de operadores necessários	Equipamento operado por apenas um homem
Condições de falhas	Constatar em testes o mínimo de falhas
Tempo necessário para treinamento	Máximo 8 horas
Qtde. de refugos na fabricação	Evitar peças que proporcionam muito refugo
Tempo de garantia	Mínimo 1 ano
Peças de reposição	O mínimo, para diminuir custos e tempo de manutenção
Número de comandos	Mínimo suficiente para fácil operação
Portos de engate para transporte	Em número adequado para facilitar transporte
Nível de vibração	Máximo 5 mm/s (RMS)
Tempo necessário para manutenção	Reduzido para não comprometer mais de 1 dia de trabalho
Número de cantos vivos	Mínimo para maior segurança
Nível de ruído	Máximo 50 dB para não perturbar meio ambiente
Comandos normalizados	100 %, para facilitar treinamento e operação

Tabela B.3 – Especificações resumida de custo do produto durante seu ciclo de vida (6 anos)

Custo no ciclo de vida	Objetivo (*)	Custo absoluto (R\$)	Custo relativo
Custo de peças e componentes	30 %	1.500,00	19,87
Custo de fabricação	25 %	1.250,00	16,55
Custo de manutenção	6,5 %/ano	1.950,00	25,83
Custo de montagem	10 %	500,00	6,62
Custos de testes e avaliação	3 %	150,00	1,99
Custo de operação	6,5 %/ano	1.950,00	25,83
Custo de modificação	2 %	100,00	1,32
Custo de descarte	3 %	150,00	1,99
TOTAL		9.650,00	100,00

(*) - Percentagem em relação ao custo meta de aquisição (R\$ 5.000,00);

Na tabela B.3 foi definido o custo das etapas do ciclo de vida baseando-se no custo de aquisição do produto, conforme especificações do produto (tabela 3.3), e desta forma o custo relativo é definido em relação ao custo absoluto. Já na metodologia proposta por Ferreira [55] a determinação do custo de cada etapa é baseado no custo final do ciclo de vida, e portanto é o custo absoluto que é definido em relação ao custo relativo.

Concluídos os três primeiros passos, de acordo com Ferreira [55], propõe-se o desenvolvimento de uma matriz de decisão (apresentada na tabela B.4) para selecionar a estrutura funcional do equipamento, considerando aspectos técnicos e de custos.

Na parte dos requisitos técnicos, os valores de PR_{RTm} foram tirados da tabela B.1. Na avaliação técnica das estruturas foram utilizados símbolos, que depois são convertidos em números (vide legenda da tabela B.4), representando o nível de desempenho técnico (IDT_j), este último calculado da seguinte maneira:

$$IDT_j = \sum_{i=1}^m (PR_{RTi} \times DT_{ij}), \text{ onde } DT = \text{desempenho técnico}$$

Nesta matriz de decisão se observa que muitos requisitos técnicos apresentam avaliações diferentes nas estruturas, que pode ser interpretado da seguinte forma (para facilitar a interpretação destas avaliações, foram considerados apenas os requisitos mais importantes tomando como base a alternativa I - com melhor IDT_j):

- **alternativa II** – teor de líquidos, no sólido separado com desempenho fraco uma vez que o dejetto sólido separado não sofre prensagem para extrair o líquido impregnado nele; capacidade de separação fraco pelo fato de centrífugas (exemplo da estrutura II), para ter boa eficiência de separação, não pode ter vazão de alimentação alta; fontes alternativas de energia apenas satisfatório e potência de operação fraco por necessitar de grandes potências para o funcionamento das centrífugas; número de funções intermediárias excelente por ser a alternativa que apresenta menor número de funções (processo de separação de fases em apenas uma operação);

- **alternativa III** - capacidade de separação apenas satisfatório pois a subfunção homogeneizar dejetos tem capacidade limitada; fonte alternativa de energia apenas satisfatório e potência de operação fraco devido à subfunção homogeneizar dejetos, que aumenta a potência final para movimentar o sistema e aumenta o número de dispositivos que trabalhar em diferentes velocidades; tempo necessário para fabricação fraco, tempo para montagem apenas satisfatório e número de funções intermediárias fraco devido ao maior número de subfunções aumentando o número de dispositivos no sistema;

Tabela B.4 – Matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da estrutura funcional

Matriz de Decisão		Estruturas funcionais				
Req. técnicos e especificações de custos		I	II	III	IV	V
Requisitos técnicos	PR _{RTm}	Avaliação técnica das estruturas				
Eficiência de separação	6,90	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Teor de líquido no sólido separado	5,17	⊙	*	⊙	⊙	⊙
Formas de alimentação do eqpto.	5,05	⊙	⊙	⊙	⊙	*
Capacidade de separação	4,88	⊙	*	○	⊙	○
Resistência 6h / dia / 300 dias	4,45	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Fontes alternativas de energia	4,42	⊙	○	○	○	○
Potência de operação	4,39	⊙	*	*	○	○
Tempo necessário para fabricação	4,10	○	○	*	*	*
Tempo necessário para montagem	4,10	⊙	⊙	○	○	○
Número de funções intermediárias	3,90	○	⊙	*	*	*
Frequência de manutenção	3,78	○	*	○	○	○
Processos de fabricação	3,52	○	○	○	○	○
Resistência à corrosão	3,44	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Peças padronizadas	3,23	○	○	○	○	○
Peso do equipamento	3,20	⊙	⊙	*	○	○
Volume do equipamento	2,92	⊙	⊙	○	*	○
Peças recicláveis e reutilizáveis	2,83	○	○	○	○	○
Componentes modulares	2,77	○	○	○	○	○
Número de partes desmontáveis	2,74	○	○	○	○	○
Número de partes móveis expostas	2,57	○	⊙	*	*	*
Número de operadores necessários	2,45	⊙	⊙	○	○	○
Condições de falhas	2,19	○	*	○	○	○
Tempo necessário para treinamento	1,99	⊙	○	○	○	○
Qtde. de refugos na fabricação	1,96	○	○	*	*	*
Tempo de garantia	1,93	○	○	○	○	○
Peças de reposição	1,91	○	○	○	○	○
Número de comandos	1,70	⊙	⊙	○	○	○
Pontos de engate para transporte	1,67	○	○	○	○	○
Nível de vibração	1,65	⊙	*	*	○	○
Tempo necessário para manutenção	1,59	○	○	*	*	*
Número de cantos vivos	1,10	○	⊙	○	○	○
Nível de ruído	1,04	○	○	○	○	○
Comandos normalizados	0,46	○	○	○	○	○
Índice de Desempenho Técnico (IDT)		783,55	620,66	531,61	581,29	523,12

Tabela B.4: Matriz de decisão de apoio ao processo de seleção da estrutura funcional
(Continuação)

Matriz de decisão		I	II	III	IV	V
Especificações de custos	ECR _n	Avaliação de custos das estruturas				
Custo de aquisição	24,46	●	↑	↑	●	●
Custo de peças e componentes	13,48	↑	↑	↑	↑	↑
Custo de fabricação	12,68	●	●	●	↑	↑
Custo de manutenção	12,05	●	↑	●	●	●
Custo de montagem	10,45	↓	●	●	●	●
Custos de testes e avaliação	9,02	●	↑	●	●	●
Custo de operação	8,13	↓	↑	●	↓	↓
Custo de modificação	5,09	●	●	↑	↑	↑
Custo de descarte	4,64	●	●	↑	↑	↑
Índice de custos (IDC _i)		493,08	835,25	738,35	646,93	646,93

Relação entre o IOT _j e o IDC _j	1,59	0,74	0,72	0,90	0,81
---	------	------	------	------	------

Legenda:

Requisitos técnicos	⊙	→ desempenho excelente	=10
	○	→ desempenho satisfatório	= 5
	*	→ desempenho fraco	= 1
Especificações de custos	↑	→ custo alto	=10
	●	→ custo médio	= 5
	↓	→ custo baixo	= 1

- **alternativa IV** - fontes alternativas de energia e potência de operação apenas satisfatório pois, para movimentar um maior número de dispositivos (subfunções) necessita-se maior potência, e por estes dispositivos trabalharem em diferentes velocidades, requerem maior número de engrenagens; tempo necessário de fabricação e montagem e número de funções intermediárias ídem alternativa III; peso do equipamento apenas satisfatório e volume do equipamento fraco devido ao elevado número de dispositivos (subfunções); número de partes móveis expostas fraco devido ao elevado número de dispositivos móveis, que dificulta o projeto de proteção para todos;
- **alternativa V** - formas de alimentação fraco e capacidade de separação apenas satisfatório, porque a alimentação do equipamento é interrompida para efetuar a separação do dejetto livre e a remoção do dejetto sólido (não há um dispositivo de condução que ocorra em paralelo); potência de operação e número de partes móveis expostas ídem alternativa IV; tempo necessário para fabricação e montagem e número de funções intermediárias ídem alternativa III; peso e volume do equipamento apenas satisfatório ídem alternativa IV; número de operadores necessários apenas satisfatório pois elevado número de dispositivos requerem maiores itens de operação.

Os valores de ECR_n referentes às especificações de custos da tabela 4.4 foram obtidos da tabela B.1. aqui também foram utilizados símbolos, para a avaliação dos

custos das estruturas, convertidos posteriormente em números para o cálculo do índice de desempenho de custos (IDC_j). Estes índices foram obtidos pela seguinte fórmula:

$$IDC_j = \sum_{k=1}^n (ECR_k \times DC_{kj}), \text{ sendo DC = desempenho de custos}$$

Assim como os requisitos técnicos, os requisitos de custos também apresentam avaliações diferentes entre as estruturas. A interpretação destas avaliações segue a linha dos requisitos técnicos, ou seja, será tomado como base a alternativa I (com menor índice de custos - mais econômico), justificando as avaliações que diferem desta como se segue:

- **alternativa II** - custos de aquisição, manutenção, testes e avaliações e operação altos e montagem médio, pois as centrífugas exigem grande potência (grandes gastos de energia) e peças de grande porte com preços elevados;
- **alternativa III** - custos de aquisição, modificação e descarte altos e custos de montagem e operação médios por possuir uma subfunção a mais (homogeneizar dejetos) que requer mais dispositivos e maior potência para funcionamento;
- **alternativa IV** - custos de fabricação e modificação e descarte altos e custo de montagem médio por possuir um maior número de subfunções (dispositivos);
- **alternativa V** - custos de fabricação, modificação, descarte e montagem vide alternativa IV.

Após concluída e analisada a matriz de decisão, como próximo passo, escolhe-se a estrutura funcional, buscando uma estrutura com elevados índices de desempenho técnico (IDT_j), para satisfazer as necessidades dos agricultores quanto ao tratamento de dejetos em suas propriedades. A estrutura também deve possuir um índice de custos (IDC_j) baixo, pois o projeto destina-se aos pequenos e médios agricultores, a maioria com pouco recurso financeiro disponível. Resumindo, a estrutura a ser escolhida é a que apresentar uma maior relação IDT_j/IDC_j . Sendo assim, analisando a tabela B.4 conclui-se que a primeira alternativa é a escolhida para dar continuidade ao projeto do separador de sólidos de dejetos.

ANEXO C

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO DE PRODUTOS NO PROJETO CONCEITUAL PARA SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO MAIS ADEQUADA

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO DE PRODUTOS NO PROJETO CONCEITUAL PARA SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO MAIS ADEQUADA

Para facilitar a seleção da alternativa de concepção do produto Ferreira [55] recomenda a realização de uma seleção preliminar, através de uma matriz de decisão (tabela C.1). Após partirá das 3 alternativas com melhor relação IOT_j/IDC_j para a seleção final da alternativa de concepção do produto considerando aspectos técnicos e de custos.

Considerou-se a avaliação da estrutura funcional I como padrão e justificou-se apenas as avaliações dos requisitos técnicos das concepções alternativas que diferiram desta, como se segue:

- **alternativa I** - potência de operação apenas satisfatória pois o processo de prensagem do fuso mais contrapeso exige maior potência; tempo necessário para fabricação e processos de fabricação são considerados fracos pois a fabricação da peneira cilíndrica e do fuso, que trabalha com mínima folga dentro da peneira, são complexos; frequência de manutenção, nº de partes móveis expostas, condições de falhas, peças de reposição e tempo necessário para manutenção excelentes por possuir menor nº de partes móveis e de peças;
- **alternativa II** - tempo de fabricação e processos de fabricação excelentes por ser composto de peças de concepções mais simples; tempo para montagem apenas satisfatório pois é composto de maior nº de peças que alternativa I; apesar de ter maior nº total de peças, o nº de peças móveis não é significativamente maior, por isso a frequência de manutenção, condições de falhas, peças de reposição e tempo necessário para manutenção também são excelentes;
- **alternativa III** - tempo de fabricação, tempo de montagem e processo de fabricação ídem alternativa anterior; nº de partes móveis expostas fraco pois tem grande nº de partes móveis;
- **alternativa IV** - teor de líquido no sólido separado apenas satisfatório pois a área de prensagem por par de roletes é menor, trazendo menos eficiência de extração de líquidos que os roletes que se deslocam (alternativa II), que o sistema fuso + contrapeso (alternativa I) e que os roletes com correia (alternativa III e VI); tempo necessário para fabricação e processo de fabricação fracos pois os roletes atuando na parte externa e interna da peneira requer fabricação desta última mais complexa (superfície lisa nas duas faces); tempo de montagem ídem alternativa II; nº de partes móveis expostas ídem alternativa III; tempo necessário para manutenção fraco pois o sistema de pares de roletes, um girando na parte interna da peneira cilíndrica, é de difícil acesso e ajuste;
- **alternativa V** - teor de líquido no sólido separado ídem alternativa IV; vida útil é apenas satisfatório e frequência de manutenção, condições de falhas, tempo de garantia, peças

de reposição e tempo necessário para manutenção são fracos porque esta alternativa consiste numa esteira de tela como solução, que sofre rupturas mais facilmente devido à sua composição de *nylon* (esteira de tela de aço inoxidável é inviável devido ao seu alto custo); tempo de montagem ídem alternativa I; o volume do equipamento é apenas satisfatório pois as esteiras ocupam maiores volumes; nº de partes móveis expostas ídem alternativa III;

Tabela C.1 - Matriz de decisão das alternativas de concepção

Matriz de Decisão		Concepções alternativas					
		I	II	III	IV	V	VI
Requisitos técnicos	PR _{RTm}	Avaliação técnica das concepções					
Eficiência de separação	6,90	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Teor de líquido no sólido separado	5,17	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
Formas de alimentação do eqpto.	5,05	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Capacidade de separação	4,88	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Resistência 6 h / dia / 300 dias	4,45	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○
Fontes alternativas de energia	4,42	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Potência de operação	4,39	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Tempo necessário para fabricação	4,10	*	⊙	⊙	*	○	○
Tempo necessário para montagem	4,10	⊙	○	○	○	○	○
Número de funções intermediárias	3,90	○	○	○	○	○	○
Frequência de manutenção	3,78	⊙	⊙	○	○	*	*
Processos de fabricação	3,52	*	⊙	⊙	*	○	○
Resistência à corrosão	3,44	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Peças padronizadas	3,23	○	○	○	○	○	○
Peso do equipamento	3,20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Volume do equipamento	2,92	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○
Peças recicláveis e reutilizáveis	2,83	○	○	○	○	○	○
Componentes modulares	2,77	○	○	○	○	○	○
Número de partes desmontáveis	2,74	○	○	○	○	○	○
Número de partes móveis expostas	2,57	⊙	○	*	*	*	*
Número de operadores necessários	2,45	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Condições de falhas	2,19	⊙	⊙	○	○	*	*
Tempo necessário para treinamento	1,99	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Qlidade. De refugos na fabricação	1,96	○	○	○	○	○	○
Tempo de garantia	1,93	○	○	○	○	*	*
Peças de reposição	1,91	⊙	⊙	○	○	*	*
Número de comandos	1,70	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Pontos de engate para transporte	1,67	○	○	○	○	○	○
Nível de vibração	1,65	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Tempo necessário para manutenção	1,59	⊙	⊙	○	*	*	*
Número de cantos vivos	1,10	○	○	○	○	○	○
Nível de ruído	1,04	○	○	○	○	○	○
Comandos normalizados	0,46	○	○	○	○	○	○
Índice de Desempenho Técnico (IDT)		791,32	858,50	790,87	690,08	644,47	708,42

Tabela C.1 - Matriz de decisão das alternativas de concepção (continuação)

Matriz de decisão		I	II	III	IV	V	VI
Especificações de custos	ECR _n	Avaliação de custos das concepções					
Custo de aquisição	24,46	↑	●	●	●	●	●
Custo de peças e componentes	13,48	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Custo de fabricação	12,68	↑	●	●	↑	↑	↑
Custo de manutenção	12,05	↓	↓	●	●	↑	↑
Custo de montagem	10,45	↓	●	●	●	●	●
Custos de testes e avaliação	9,02	●	●	●	●	●	●
Custo de operação	8,13	●	↓	↓	↓	↓	↓
Custo de modificação	5,09	●	●	●	●	●	●
Custo de descarte	4,64	●	●	●	●	●	●
Índice de custos (IDC _i)		663,10	486,68	534,88	598,28	658,53	658,10

Relação entre o IOT _j e o IDC _j	1,19	1,76	1,48	1,15	0,98	1,08
---	------	------	------	------	------	------

Legenda:

Requisitos técnicos	⊙	→ desempenho excelente	=10
	○	→ desempenho satisfatório	= 5
	*	→ desempenho fraco	= 1

Especificações de custos	↑	→ custo alto	=10
	●	→ custo médio	= 5
	↓	→ custo baixo	= 1

- **alternativa VI** - vida útil vide alternativa V; tempo necessário para montagem ídem alternativa II; frequência de manutenção, volume do equipamento, condições de falhas, tempo de garantia, peças de reposição e tempo necessário para manutenção ídem alternativa V; nº de partes móveis expostas ídem alternativa III.

Em relação às análises de especificação de custo da tabela C.1 também considerou-se a avaliação da estrutura funcional I e justificou-se apenas as avaliações que diferiram desta, como se segue:

- **alternativa I** - custo de aquisição é alto devido ao alto custo das peças (peneira e fuso em aço inoxidável e motor de maior potência, dentre outros) e ao alto custo na fabricação (maior complexidade); custo de manutenção baixo pelo menor nº de peças e partes móveis; custo de operação médio pela maior potência exigida pelo motor;
- **alternativa II** - custo de manutenção menor pelo menor nº de partes móveis; custo de montagem médio por ter maior nº de peças que alternativa I;
- **alternativa III** - custo de montagem ídem alternativa anterior;
- **alternativa IV** - alto custo de fabricação e aumento do tempo e processos de fabricação devido a complexidade da concepção (peneira cilíndrica com superfície lisa nas duas faces); custo de montagem ídem alternativa II;
- **alternativas V e VI** - apesar do maior custo de fabricação (vide alternativa anterior) e maior custo de manutenção (esteira de tela de *nylon*, que rompe-se facilmente, e maior nº

de peças móveis, que requerem maior manutenção), este custo não vem a ser tanto que afete o custo de aquisição; custo de montagem ídem alternativa II.

Pela matriz de decisão (tabela C.1) chegou-se às alternativas I, II e III como as melhores (melhor relação entre IOT_j e IDC_j). A partir destas será feita a determinação das características das alternativas de concepção e a estimativa de custos destas alternativas.

C.1 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO

Seguindo os passos propostos por Ferreira [55], para a seleção da alternativa de concepção do produto através da análise do custo, cabe agora a elaboração de uma tabela definindo informações e características mais detalhadas aos princípios de soluções definidos. Este procedimento é mostrado na tabela C.2 onde são levantadas informações suficientes para uma avaliação adequada da viabilidade econômica, visto que só a definição dos princípios de solução não fornecem dados suficientes sobre materiais, fabricação, montagem, dentre outros.

C.2 ESTIMATIVA DO CUSTO DAS ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO

Como próximo passo da Método de estimativa de custo proposto por Ferreira [55] será definido os custos de cada etapa da produção do equipamento, que são a soma dos custos de material, fabricação e montagem, a partir das características dos princípios de solução e componentes (tabela C.2).

O custo de fabricação é determinado multiplicando o custo por hora trabalhada pelo número total de horas para fabricação, onde temos:

- frezamento – R\$ 35,00/hora
- soldagem e usinagem - R\$ 25,00/hora;
- dobramento, furação, conformação e corte de chapas - R\$ 20,00/hora.

O custo de montagem é determinado multiplicando o custo por hora trabalhada pelo número total de horas para montagem, onde temos:

- montagem - R\$ 25,00/hora.

Estes custos determinados compreendem mão-de-obra, encargos sociais, depreciação da maquinaria, ferramental, lucros das empresas, gabaritos, dentre outros. O valor determinado para o serviço foi baseado em trabalhos anteriores similares e consulta à empresas prestadoras de serviço.

Tabela C.2 – Características das alternativas de concepção

Princípio de solução	Material constituinte	Processo de fabricação	Características
Entrada do equipamento	aço inoxidável	corte, conformação e soldagem	Ø menor interno = 4"
Fonte de energia	motor elétrico trifásico 1750 rpm	adquirido pronto	pintura resistente à corrosão
Acionamento	interruptor e fios elétricos (20 m)	montagem dos componentes	fiação encapada
Polias	alumínio	torneamento e frezamento	grandes reduções
Correias	lona	adquirido pronto	correias em "V"
Fuso condutor	aço inoxidável	adquirido pronto	passo único; folga de 0,5 - 1,0 mm dentro da peneira
Raspadores circulares	borracha e aço inoxidável	corte, usinagem, soldagem e fixação	-
Cilindro condutor (peneira cilíndrica rotativa)	aço inoxidável	corte, dobramento, conformação, usinagem, soldagem	superfície externa lisa
Peneiras côncavas	tela em aço inoxidável	Corte, dobramento, conformação, usinagem e soldagem	superfície côncava lisa
Peneira cilíndrica fixa	aço inoxidável	adquirida pronta	superfície interna lisa
Anteparo prensor	aço 1020	corte, dobramento, usinagem e soldagem	tratamento anticorrosivo
Roletes com suporte	borracha, polímero e aço inoxidável	corte, usinagem, soldagem e fixação	-
Roletes + correia	polímero e lona	corte e fixação	-
Contrapesos	aço 1020	corte, dobramento, usinagem e soldagem	-
Molas	aço inoxidável	comprado pronto	-
Raspador fixo	polímero	corte, e fixação	-
Eixos	aço	corte, e usinagem	-
Mancais com rolamento	aço	comprado pronto	rolamento blindado
Chapas metálicas	aço inoxidável	corte, dobramento, conformação e soldagem	-
Apoio do equipamento	aço 1020	corte e soldagem	-

Relativo ao custo de materiais e componentes elaborou-se a tabela C.3, onde estão relacionados os custos de aquisição pelo consumidor. Estes preços foram levantados através de consultas à fornecedores e lojas do gênero, como a Metalúrgica Dominik e a Casa das Borrachas, situadas na Grande Florianópolis/SC.

Os custos de manutenção e operação foram especificados na tabela 3.3, cuja meta era um custo de 6,5 % do custo de aquisição por ano de operação. Considerando uma

vida útil do equipamento de seis anos, no ciclo de vida tem-se um custo total de manutenção e/ou operação de 39 % do custo de produção.

Com estes valores definidos, agora procede-se o cálculo de custo da produção, estipulado em reais (R\$) de cada subfunção das três alternativas de concepção selecionadas.

Tabela C.3 – Custo de materiais e componentes

Componentes/materiais	Características	Custo de aquisição (R\$)
Chapas de aço inoxidável	2 mm espessura	5,95/kg ou 96,00/m ²
Chapas de aço inoxidável	5 mm espessura	5,48/kg ou 228,33/m ²
Chapas aço 1020	2.3 mm espessura	107/kg ou 17,12/m ²
Barras em aço inoxidável	Ø - 3/8"	5,42/m
Barras em aço inoxidável	□ - 30 x 50 mm	25,60/m
Barras em aço inoxidável	Ø - 1" x 1,5 mm de parede	9,00/m
Barras em aço inoxidável	Ø - 1"	5,60/m
Barras de aço 1020	30 x 40 x 2 mm espessura	1,38/kg ou 2,88/m
Aço 1020	100 x 100 x 3 mm	14,60/m ou 1,46/kg
Motor elétrico	trifásico, 1750 rpm, 0,74 kW	99,00
Motor elétrico	trifásico, 1750 rpm, 2,2 kW	152,00
Interruptor e fios elétricos		40,00
Polias	alumínio	80 mm = 4,03/150 mm = 13,13
Correias	em "V" - A -70	10,62 cada
Borracha para raspadores	12,7 mm x 0,10 m	9,70/m
Borracha para roletes	3 mm espessura	29,00/m ²
Borracha para roletes	1,6 mm espessura	16,00/m ²
Lona para correia dos roletes	1,6 mm espessura (borracha)	25,00/m ²
Tela em aço inoxidável	0,5 mm de abertura de crivo	268,00/m ²
Peneira cilíndrica fixa	adquirido pronto	700,00
Fuso condutor	adquirido pronto	1.000,00
Molas		5,00 cada
Polímero	barras PVC 4"	2,50/m
Polímero	barras PVC 2" reforçado	5,00/m
Eixos - aço 1020	barras de 1"	1,35/m
Eixos - aço inoxidável	barras de 1"	32,00/m
Mancais	tipo P 205 c/ 2 furos	4,65 cada
Rolamento blindado	p/ mancais UC 205	16,96 cada

C.2.1 Estimativa do custo de produção da entrada do equipamento

Custo estimado de material

Conforme tabela C.2 o funil de entrada é em aço inoxidável, com 2 mm de espessura, com diâmetro menor interno de 100 mm e em formato cilíndrico para as três alternativas (vide tabela 4.6). Considerando um diâmetro maior e altura de 400 mm, tem-se

uma entrada com $0,29 \text{ m}^2$ de área de chapa, que equivale à um custo estimado de R\$ 27,84, considerando R\$ 96/ m^2 de chapa.

Custo estimado de fabricação

Na fabricação do cilindro cônico de entrada são efetuados as operações de corte, conformação e soldagem. Estimando-se 0,5 horas para cada operação, tem-se um custo estimado de fabricação de R\$ 32,50.

Custo estimado de montagem

A montagem é simples, constando apenas no encaixe da entrada no equipamento, não levando mais de 0,1 hora, ou seja, custo estimado de R\$ 2,50.

Tabela C.4 – Estimativa de custo de produção da entrada do separador

	Alternativa I, II e III
	Funil redondo
Custo da chapa aço inoxidável	96,00/ m^2
Quantidade de material	0,29 m^2
Custo estimado de material	27,84
Tempo estimado de corte (h)	0,5
Tempo estimado conformação (h)	0,5
Tempo estimado de soldagem (h)	0,5
Custo estimado de fabricação	32,50
Custo de montagem/hora	25,00
Tempo de montagem (h)	0,1
Custo estimado de montagem	2,50
Custo estimado de produção	62,84

C.2.2 Estimativa de custo de produção da fonte de energia

Para fonte de energia é usado motor elétrico trifásico, de 1750 rpm, que é adquirido pronto. Na alternativa I utiliza-se um motor de 2,2 kW, com preço de aquisição de R\$ 152,00, e nas alternativas II e III, o motor a ser utilizado é de 0,7 kW, com preço de aquisição de R\$ 99,00.

C.2.3 Estimativa de custo do acionamento do sistema

Custo estimado de material

Para as três alternativas o acionamento é manual, com interruptor, fios elétricos (20 m) encapados e outros componentes elétricos. Estima-se o custo do interruptor mais fiação em torno de R\$ 40,00.

Custo estimado de montagem dos componentes

O material é adquirido pronto, sendo necessário apenas a montagem dos componentes elétricos por um técnico habilitado. Considerando que o técnico levará 2 horas para instalação dos componentes, tem-se um custo estimado de montagem de R\$ 50,00.

Tabela C.5 – Estimativa de custo de produção do acionamento do sistema

	Alternativa I, II e III
	Acionamento manual
Custo estimado de material	40,00
Custo de montagem/hora	25,00
Tempo de montagem (h)	2
Custo estimado de montagem	50,00
Custo estimado de produção	90,00

C.2.4 Estimativa de custo da transferência de potência/redução de velocidade

Custo estimado de material

A transferência de potência e redução de velocidade é feito por sistema de correias em “V” e polias em alumínio, para as três alternativas. Nas três alternativas tem-se uma redução de 25 vezes, o que é conseguido com 2 polias de diâmetro reduzido, com um custo estimado em R\$ 3,00 cada, e 2 polias com diâmetro 5 vezes maior, com preço estimado em R\$ 15,00 cada. Nas alternativas II e III ainda tem-se mais uma polia maior cada.

Com relação às correias, na alternativa I é utilizado 2 correias em “V”, com custo estimado em R\$ 10,00 cada. Já nas alternativas II e III é utilizado 3 correias em cada, com o custo unitário também estimado em R\$ 10,00.

As polias e as correias são montadas, na alternativa I, em um conjunto formado por 2 eixos (um em aço 1020 e um em aço inoxidável), 3 suportes de mancal e 3 mancais de rolamento, com custo estimado em R\$ 80,00. Na alternativas II tem-se 3 eixos (um em aço 1020 e 2 em aço inoxidável), 5 suportes de mancal e 5 mancais de rolamento, com custo estimado em R\$ 160,00. A alternativa III é composta por 5 eixos, 9 suportes de mancal e 9 mancais de rolamento, com custo estimado em R\$ 300,00.

Estimativa de custo de fabricação

No sistema de transferência de potência é necessário fazer a usinagem de eixos, suportes de mancais e polias. Para isso estima-se 2 horas para usinar os componentes e 0,5 horas para frezá-los, onde tem-se um custo estimado de R\$ 67,50, para a alternativa I. Para as alternativas II e III, o tempo de usinagem aumenta para 3 horas e o frezamento para 1 hora, com um custo estimado em R\$ 110,00.

Estimativa de custo de montagem

Estima-se 1 hora para a montagem dos componentes, tendo um custo estimado de R\$ 25,00.

Tabela C.6 – Estimativa de custo de produção da transferência de potência

	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
	Polias e correias		
Custo estimado de material	136,00	241,00	381,00
Tempo estimado torneamento (h)	2	3	3
Tempo estimado frezamento (h)	0,5	1	1
Custo estimado de fabricação	67,50	110,00	110,00
Custo de montagem/hora	25,00	25,00	25,00
Tempo de montagem (h)	1	1	1
Custo estimado de montagem	25,00	25,00	25,00
Custo estimado de produção	228,50	376,00	516,00

C.2.5 Estimativa de custo do dispositivo condutor de material (dejeito)

Custo estimado de material

No caso da alternativa I, devido às limitações de laboratórios e oficinas, o fuso condutor, em aço inoxidável e passo simples, é adquirido pronto, por um custo estimado em R\$ 1.000,00. Na alternativa II a condução é feita por 6 raspadores de borracha, com preço estimado em R\$ 6,00 cada. Estes raspadores possuem uma estrutura em aço inoxidável, com custo estimado em R\$ 20,00 por raspador. Na alternativa III, a condução é feita pela própria peneira cilíndrica rotativa e raspador de sólidos. O custo do raspador de polímero, com sua estrutura, é estimado em R\$ 20,00. Já o custo da peneira cilíndrica rotativa é estimado no item separação de líquido livre.

Custo estimado de fabricação

Na alternativa II, tem-se 2 horas para corte de material, 2 horas para usinagem e mais 2 horas para soldagem e fixação, totalizando um custo estimado de R\$ 140,00. A alternativa III, que compreende apenas um raspador e sua estrutura, ocupa-se 0,5 horas para corte do material, 0,5 horas para usinagem e 0,5 horas para soldagem e fixação, num custo estimado de R\$ 35,00.

Custo estimado de montagem

Na alternativa I tem-se apenas o acoplamento do fuso condutor, o que não vai além de 0,5 horas de montagem, com custo estimado de R\$ 12,50. A alternativa II necessita de 2 horas de montagem dos componentes, com um custo estimado em R\$ 50,00. Na alternativa III a montagem do raspador leva em torno de 1 hora, correspondendo a um custo estimado de R\$ 25,00.

C.2.6 Estimativa de custo da separação do líquido livre

Custo estimado de material

No caso da alternativa I, devido às limitações de laboratórios e oficinas a peneira cilíndrica fixa é adquirida pronta, a um custo estimado de R\$ 700,00. Estas limitações se devem à necessidade de perfeita usinagem interna da peneira para que o fuso trabalhe internamente com folga de 0,5 à 1,0 mm apenas e à estrutura reforçada para resistir à pressão do fuso e do dejetos sólido por ocasião da prensagem do dejetos.

Tabela C.7 – Estimativa de custo de produção do dispositivo condutor de material

	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
	Fuso	Raspadores	Cilindro giratório
Custo estimado de material	1.000,00	156,00	20,00
Tempo estimado de corte (h)	-	2	0,5
Tempo estimado usinagem (h)	-	2	0,5
Tempo estimado de soldagem e fixação (h)	-	2	0,5
Custo estimado de fabricação	-	140,00	35,00
Custo de montagem/hora	25,00	25,00	25,00
Tempo de montagem (h)	0,5	2	1
Custo estimado de montagem	12,50	50,00	25,00
Custo estimado de produção	1.012,50	346,00	80,00

Na alternativa II tem-se uma peneira côncava para a separação do líquido livre. Esta peneira, em tela de aço inoxidável de 0,5 mm de abertura de crivo tem um custo estimado em R\$ 160,80 (0,6 m², ou 1 m x 0,6 m). A peneira possui uma estrutura de sustentação, também em aço inoxidável, com um preço estimado de R\$ 80,00.

A alternativa III utiliza-se de uma peneira cilíndrica giratória, composta de tela em aço inoxidável, com um custo estimado de R\$ 353,70 (1,32 m² ou Ø de 0,7 m e largura de 0,6 m). Nesta alternativa, devido aos roletes atuarem sobre um cilindro giratório, tem-se uma estrutura, para a peneira, bem mais resistente, sendo composta de barras de aço inoxidável com um custo estimado em R\$ 200,00.

Custo estimado de fabricação

Na alternativa II tem-se 2 horas para corte e dobramento do material, 2 horas para usinagem e conformação e 2 horas para soldagem, com um custo estimado em R\$ 140,00. A alternativa III tem-se tempo maior, com 3 horas para corte e dobramento do material, 4 horas para usinagem e conformação e mais 4 horas para soldagem, totalizando um custo estimado em R\$ 260,00.

Custo estimado de montagem

Na alternativa I tem-se apenas o acoplamento da peneira cilíndrica fixa, correspondendo à um período de 0,5 horas, com custo estimado de R\$ 12,50. A alternativa II ocupa 2 horas de montagem, com custo estimado de R\$ 50,00. A alternativa III, por possuir maior complexidade, ocupa 4 horas para montagem, com um custo estimado em R\$ 100,00.

Tabela C.8 – Estimativa de custo de produção do dispositivo separador de líquido livre

	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
	Peneira cilíndrica fixa	Peneira côncava	Peneira cilíndrica rotativa
Custo estimado de material	700,00	240,80	553,70
Tempo estimado de corte e dobramento (h)	-	2	3
Tempo estimado de usinagem e conformação (h)	-	2	4
Tempo estimado soldagem (h)	-	2	4
Custo estimado de fabricação	-	140,00	260,00
Custo de montagem/hora	25,00	25,00	25,00
Tempo de montagem (h)	0,5	2	4
Custo estimado de montagem	12,50	50,00	100,00
Custo estimado de produção	712,50	430,80	913,70

C.2.7 Estimativa de custo da desidratação de sólidos

Custo estimado de material

Na alternativa I a desidratação de sólidos é feita pelo conjunto fuso + anteparos prensos, e a pressão de desidratação (que determina a umidade do sólido separado) é controlada por contrapesos. O custo do fuso já foi estimado no item custos de condução de material. Os anteparos prensos e os contrapesos são compostos de aço 1020, com superfície tratada para evitar corrosão, num custo estimado de R\$ 15,00. Estes anteparos e contrapesos possuem estrutura de suporte, também em aço 1020, num custo estimado em R\$ 10,00.

A desidratação de sólidos na alternativa II é composta por 2 roletes envoltos com borracha e 1 peneira côncava de aço inoxidável. A peneira côncava e sua estrutura de sustentação, também em aço inoxidável, tem custo estimado em R\$ 240,80 (igual peneira côncava para separação de líquido livre - vide item F). Já os 2 roletes tem custo estimado em R\$ 30,00, e sua estrutura de sustentação, em aço inoxidável, tem custo estimado em R\$ 80,00. As molas que irão regular a umidade tem custo estimado em R\$ 20,00.

Na alternativa III, a desidratação é feita por 3 roletes de polímero envoltos com lona (borracha com lona), com custo estimado em R\$ 80,00. A sustentação dos roletes

é feita por aço inoxidável, num preço estimado em R\$ 50,00 e a regulagem da umidade é feita por molas, num custo estimado em R\$ 30,00.

Custo estimado de fabricação

Na alternativa I tem-se 1 hora para corte e dobramento, 1 hora para usinagem e mais 1 hora para soldagem, com custo estimado em R\$ 70,00. A alternativa II tem o custo igual a F para a peneira côncava, ou seja, R\$ 140,00, mais 1 para corte, 1 hora para usinagem e 2 horas para soldagem e fixação dos roletes e suportes, num custo total estimado em R\$ 235,00. A alternativa III utiliza-se 3 horas para corte, 3 horas para usinagem e mais 2 horas para soldagem e fixação, num custo estimado em R\$ 185,00.

Custo estimado de montagem

A alternativa I leva 1 hora para montagem, num custo estimado de R\$ 25,00, Na alternativa II tem-se 3 horas para montagem, com custo estimado em R\$ 75,00 e na alternativa III tem-se 2 horas para montagem, com custo estimado em R\$ 50,00.

Tabela C.9 – Estimativa de custo de produção do dispositivo de desidratação de material

	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
	Funil + anteparos	Roletes	Roletes com correia
Custo estimado de material	25,00	370,80	160,00
Tempo estimado de corte e dobramento (h)	1	3	3
Tempo estimado usinagem (h)	1	3	3
Tempo estimado de soldagem e fixação (h)	1	4	2
Custo estimado de fabricação	70,00	235,00	185,00
Custo de montagem/hora	25,00	25,00	25,00
Tempo de montagem (h)	1	3	2
Custo estimado de montagem	25,00	75,00	50,00
Custo estimado de produção	120,00	680,80	395,00

C.2.8 Estimativa de custo da saída de sólidos e líquidos

A condução do material já separado (sólido e líquido) será por gravidade, pela própria estrutura do equipamento, cujo custo é estimado no próximo item. Na alternativa III a condução do sólido é feito por um raspador, cujo custo já foi estimado no item E.

C.2.9 Estimativa de custo da estrutura do equipamento

Custo estimado de material

O sistema estrutural das 3 concepções são compostos por chapas de aço inoxidável, nas partes que entram em contato com o dejetto (para coleta de dejetto líquido) e

chapas em aço 1020 para cobertura das peças móveis. A estrutura também é composta por barras de aço 1020 e aço inoxidável para sustentação das chapas. Nas 3 concepções tem-se um gasto semelhante de materiais num custo estimado de R\$ 400,00.

Custo estimado de fabricação

Nas 3 alternativas tem-se grande número de elementos para corte, dobramento, usinagem e soldagem, estimando em torno de 4 horas para corte e dobramento, 5 horas para usinagem e conformação e 5 horas de soldagem (elétrica e tipo MIG), num custo estimado de R\$ 330,00 para cada alternativa.

Custo estimado de montagem

Em cada uma das 3 alternativas gasta-se em torno de 5 horas para montagem dos componentes, com um custo estimado em R\$ 125,00.

Tabela C.10 – Estimativa de custo de produção da estrutura do equipamento

	Alternativas I, II e III
	Chapas e barras de aço inoxidável e aço 1020
Custo estimado de material	400,00
Tempo estimado de corte e dobramento (h)	4
Tempo estimado de usinagem e conformação (h)	5
Tempo estimado de soldagem	5
Custo estimado de fabricação	330,00
Custo de montagem/hora	25,00
Tempo de montagem (h)	5
Custo estimado de montagem	125,00
Custo estimado de produção	855,00

Após a estimativa de custo de produção das três concepções alternativas, partiu-se para o cálculo do custo estimado do ciclo de vida (custo desde o projeto até o descarte do equipamento, mas não considera o custo de aquisição) destas, sintetizado na tabela C.11.

O custo do ciclo de vida é obtido somando-se o custo de produção, calculados anteriormente, custos de operação, manutenção, testes e avaliação, modificação e descarte. O custo estimado de produção foi utilizado como base para o cálculo dos outros custos, conforme se observa nas notas da tabela C.11.

C.3 SELEÇÃO DA ALTERNATIVA DE CONCEPÇÃO DO PRODUTO

Para selecionar a melhor alternativa de concepção do separador de dejetos, dentre as três analisadas, deve-se considerar a avaliação dos requisitos técnicos (tabela

C.1), o valor do custo do ciclo de vida do equipamento estimado na tabela C.11 e mais o custo meta (custo de aquisição) determinado nas especificações de projeto (tabela 3.3).

Tabela 4.11 – Estimativa do custo do ciclo de vida das alternativas de concepção

	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
• Custo de produção ⁽¹⁾ :			
- entrada do equipamento	62,84	62,84	62,84
- fonte de energia	152,00	99,00	99,00
- acionamento do sistema	90,00	90,00	90,00
- transferência de potência	228,50	376,00	516,00
- condução do material	1.012,50	346,00	80,00
- separação do líquido livre	712,50	430,80	913,70
- desidratação de sólidos	120,00	680,80	395,00
- estrutura do equipamento	855,00	855,00	855,00
Custo total de Produção	3.232,34	2.940,44	3.011,54
• Custo de operação ⁽²⁾	1.939,40	1.764,26	1.806,92
• Custo de manutenção ⁽²⁾	1.939,40	1.764,26	1.806,92
• Custo de testes e avaliação ⁽³⁾	149,33	135,85	139,13
• Custo de modificação ⁽⁴⁾	99,56	90,57	92,75
• Custo de descarte ⁽³⁾	149,33	135,85	139,13
Custo estimado do eqpto.	7.509,36	6.831,23	6.996,39

(1) - Custo de produção = custo de material + custo de fabricação + custo de montagem;

(2) - Custo de manutenção e operação = 6,5 % do custo de aquisição/ano x 6 anos de vida útil. Como custo de produção = 65 % do custo de aquisição, então custo de manutenção e operação = 10 % do custo de produção/ano x 6 anos;

(3) - Custo de testes e avaliação = custo de descarte = 3 % do custo de aquisição. produção = 4,62 % do custo de produção;

(4) - Custo de modificação = 2 % do custo de aquisição = 3,08 % do custo de produção.

Conforme especificações de projeto, a soma dos valores do custo de produção, testes e avaliação e modificação do protótipo totalizam 70 % do custo de aquisição do separador. Então, ao analisar a tabela C.11, tem-se os custos estimados de aquisição de R\$ 4.973,19, R\$ 4.524,09 e R\$ 4.633,46, correspondente às alternativas I, II e III respectivamente. Como o custo meta do equipamento é um valor limitado em R\$ 5.000,00, as três alternativas atendem ao requisito custo de aquisição.

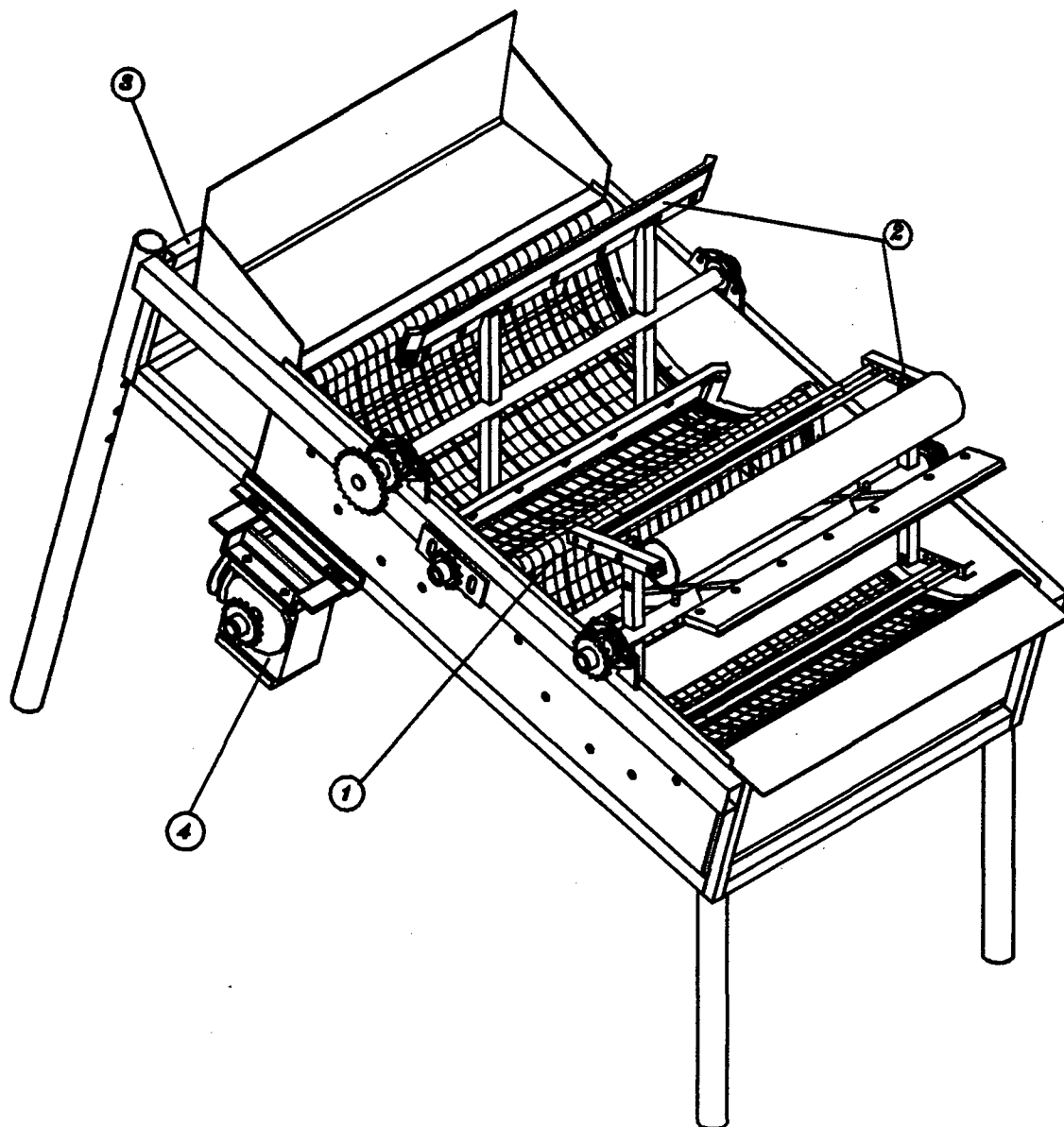
Na escolha da melhor alternativa, do mesmo modo que na escolha da melhor estrutura funcional, deve-se optar por uma concepção que apresente menor custo estimado, para que seja acessível aos pequenos agricultores, associado ao melhor desempenho técnico, que otimize o aproveitamento do dejetos.

Analisando a tabela C.1 observa-se que a alternativa II apresenta maior índice de desempenho técnico ($IDT_j = 858,50$), e a tabela C.11 também traz a alternativa II

como sendo a que apresenta menor custo estimado do ciclo de vida. Portanto a alternativa II é a selecionada por melhor atender aos requisitos técnicos e de custos.

ANEXO D

DESENHOS E DIMENSÕES DOS DIFERENTES DISPOSITIVOS E COMPONENTES DO MODELO DO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS ANIMAIS



4	Suporte motor e redutor	01	Aço ABNT 1020	Des. 05
3	Estrutura - chapas	01	Aço ABNT 1020	Des. 04
2	Raspadores-roletas	01	Aço ABNT 1020	Des. 03
1	Perfuras	02	Aço inox	Des. 02
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

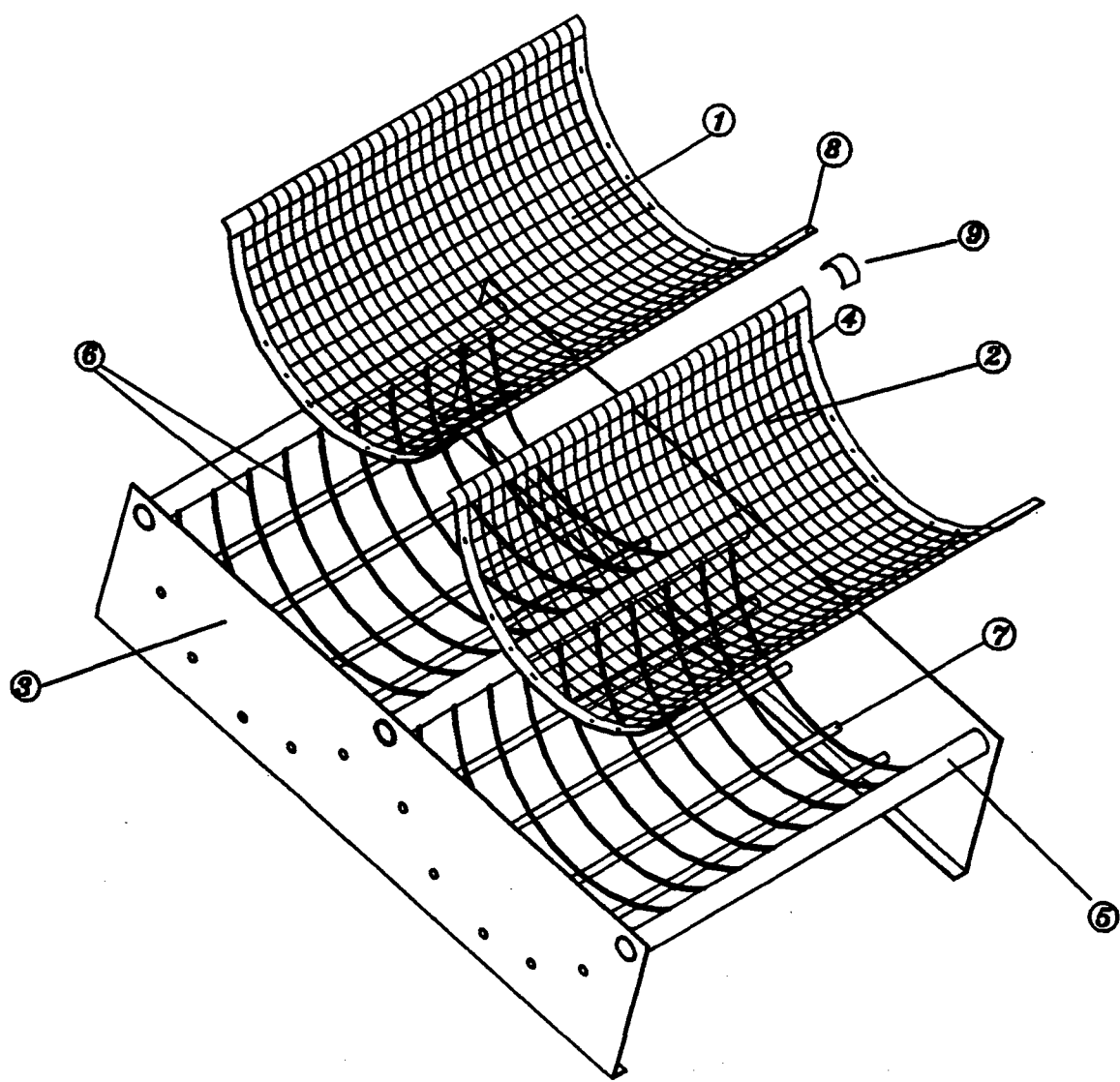
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

NeDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS
(Vista 3D separador de dejetos)

NOME	SÉRGIO	DES Nº	01
DATA	05/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:10			



9	Fixador das peneiras	2	Aço ABNT 1020	Des. 02/03
8	Apelo da peneira	04	Aço ABNT 1020	Des. 02/03
7	Barra transversal de apoio da peneira	10	Aço ABNT 1020	Des. 02/03
6	Arame de apoio das peneiras	2kg	Aço ABNT 1020	Des. 02/03
5	Travessa de apoio das peneiras	03	Aço ABNT 1020	Des. 02/03
4	Arco da peneira	08	Aço ABNT 1020	Des. 02/02
3	Longarina de apoio das peneiras	02	Aço ABNT 1020	Des. 02/01
2	Segunda peneira	01	Aço ABNT 1020	Des. 02/01
1	Primeira peneira	01	Aço ABNT 1020	Des. 02/01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

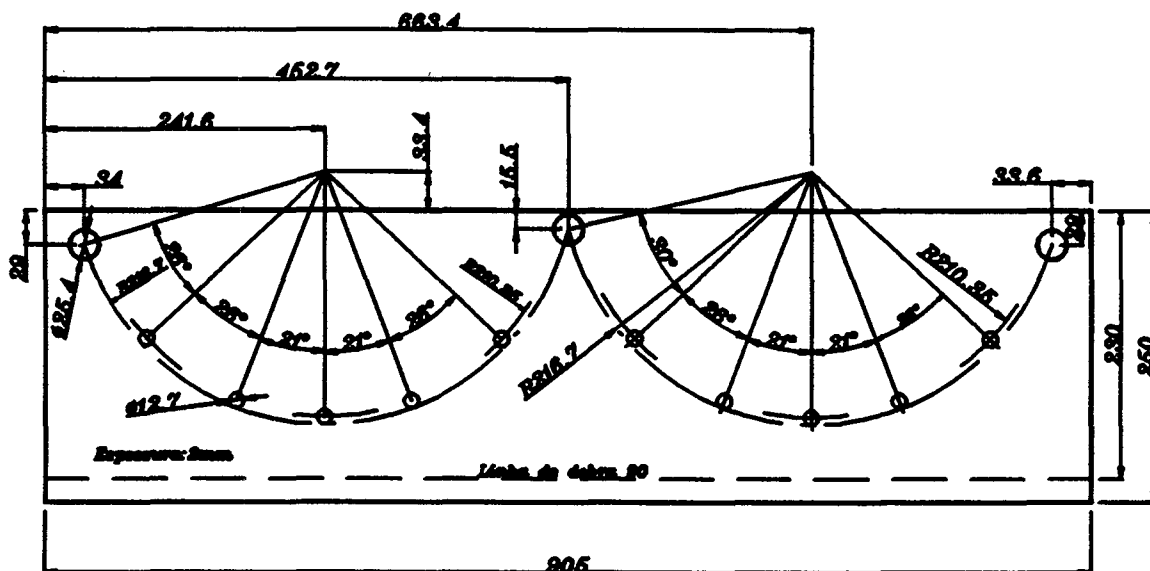
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

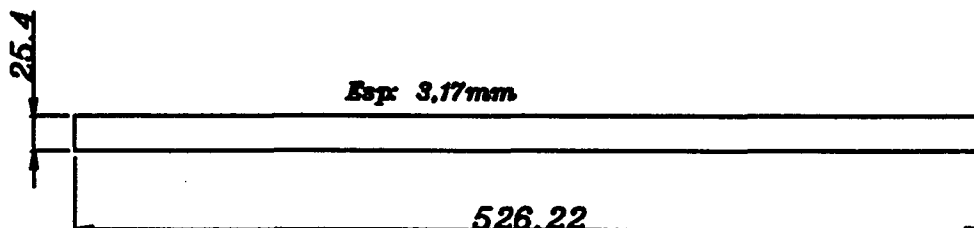
NeDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS
(PENEIRAS)

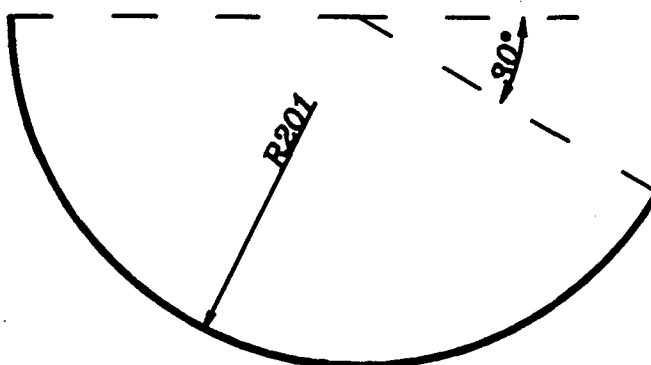
NOME	MARCOS	DES Nº	02
DATA	05/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas IT 10	
1:8			



3	Longarina de apoio da peneira	02	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC <div> ENGENHARIA MECÂNICA NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO </div>				
NeDIP	SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (PENEIRAS)	NOME	Marcos	DES Nº 02/01
		DATA	06/98	UNIDADE mm
		ESCALA 1:6	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

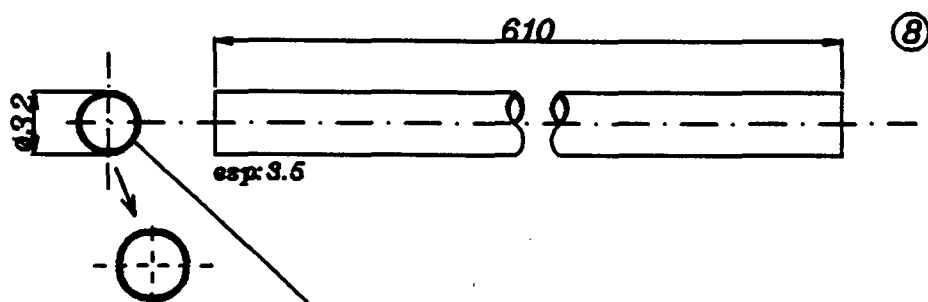
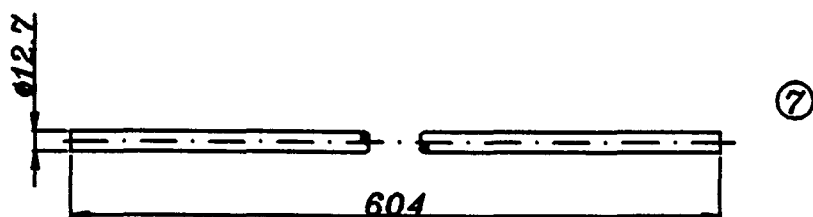
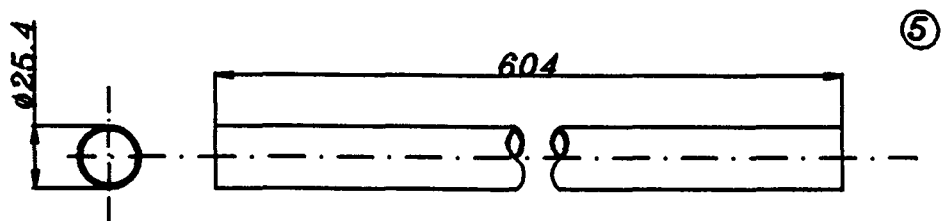


Peça planificada

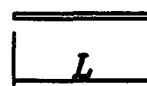
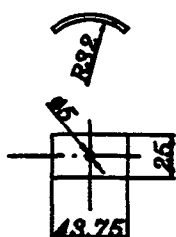


Peça conformada

1	Arco da peneira	08	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC				
ENGENHARIA MECÂNICA				
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO				
NeDIP	SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (PENEIRAS)	NOME	Marcos	DES N°
		DATA	06/98	UNIDADE
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:
		1:4		IT 10



Seccionar em quatro partes



9	Fixador da penetra	02	Aço ABNT 1020	
8	Apoto da penetra	01	Aço ABNT 1020	Dividir em 4 partes
7	Barra transversal de apoto da penetra	10	Aço ABNT 1020	
6	Armaz de apoto das penetras #3.17 l-528	40	Aço ABNT 1020	Distanciados 30 mm
5	Travessa de apoto da penetra	03	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

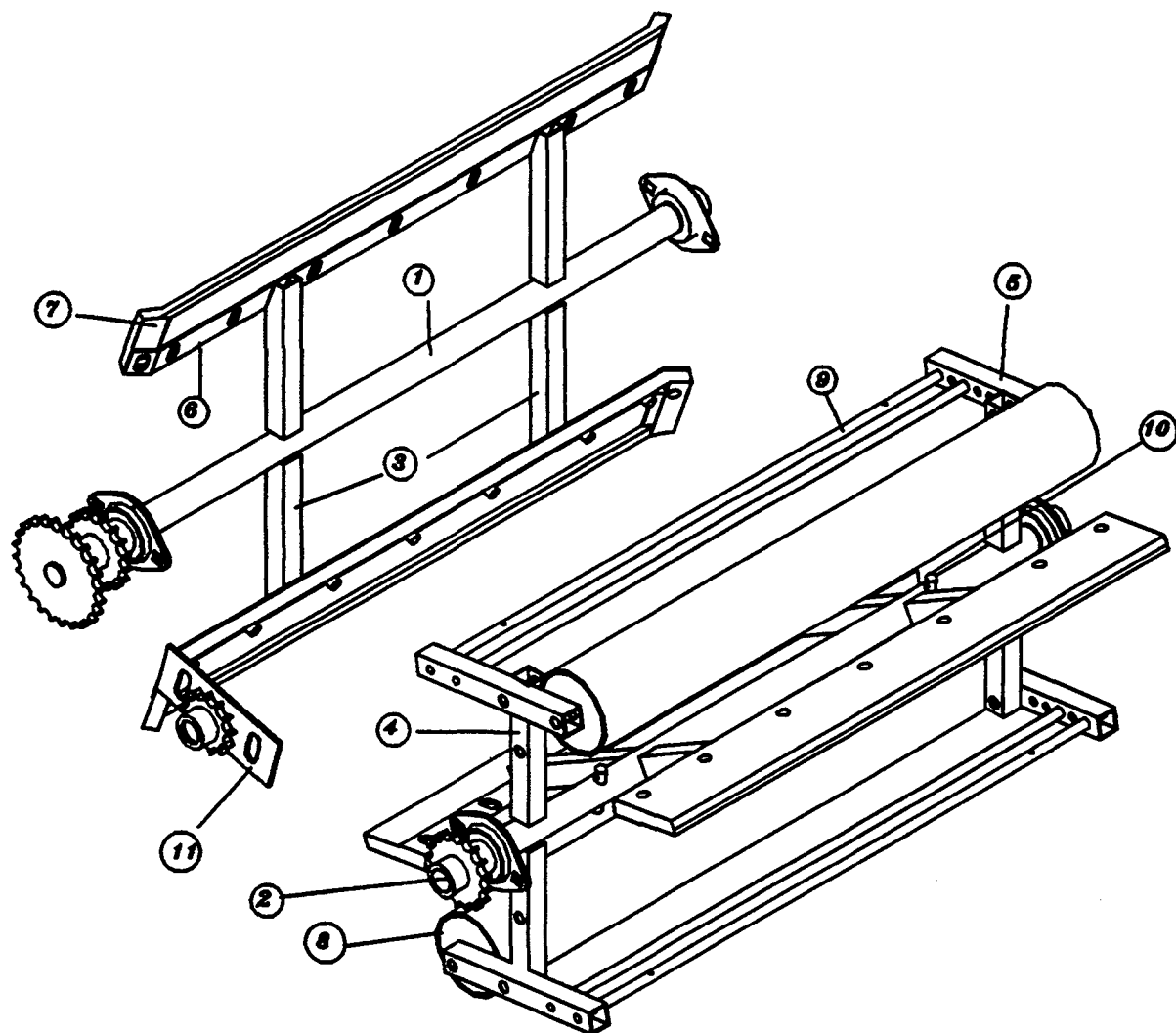
UFSC

ENGENHARIA MÉCANICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

IleDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS

NOME	Marcos	DES N°	02/03
DATA	06/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:4			



11	Esticador da correia entre os dois eixos	01	Aço ABNT 1020	Des. 03/06
10	Barra de suporte das molas	02	Aço ABNT 1020	Des. 03/06
9	Barra do antebraço do rolete	04	Aço ABNT 1020	Des. 03/06
8	Roleta	02	Borracha + madeira	Des. 03/06
7	Raspador	04	Borracha com lona	Des. 03/04
6	Chapas de suporte do raspador	04	Aço ABNT 1020	Des. 03/03
5	Haste do antebraço do rolete	04	Aço ABNT 1020	Des. 03/02
4	Haste do braço do rolete	04	Aço ABNT 1020	Des. 03/02
3	Haste do braço do raspador	08	Aço ABNT 1020	Des. 03/02
2	Eixo dos raspadores e roletas	01	Aço ABNT 1020	Des. 03/01
1	Eixo dos raspadores	01	Aço ABNT 1020	Des. 03/01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

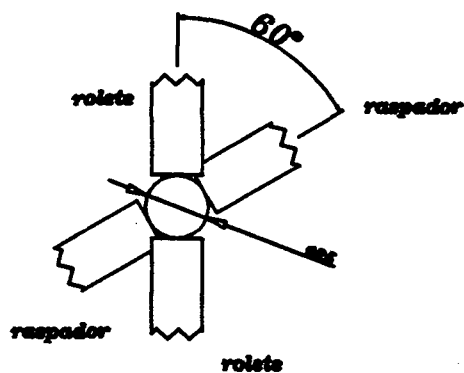
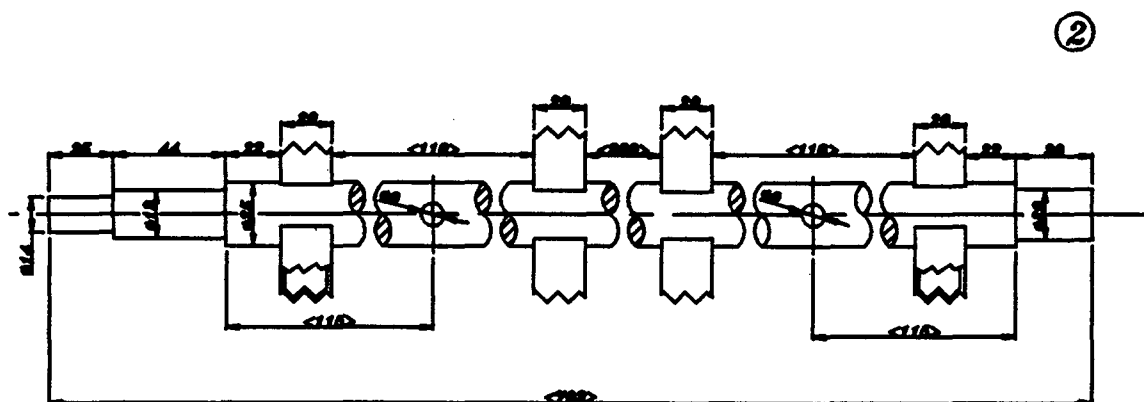
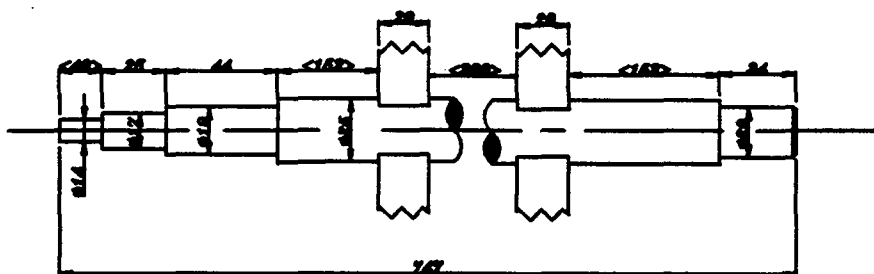
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

NeDIP

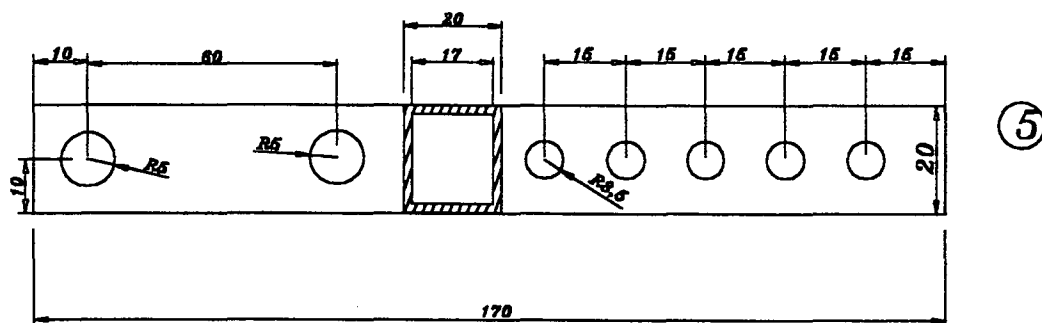
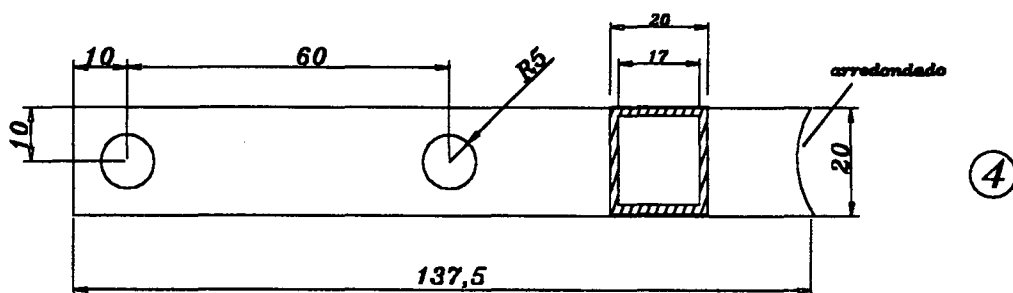
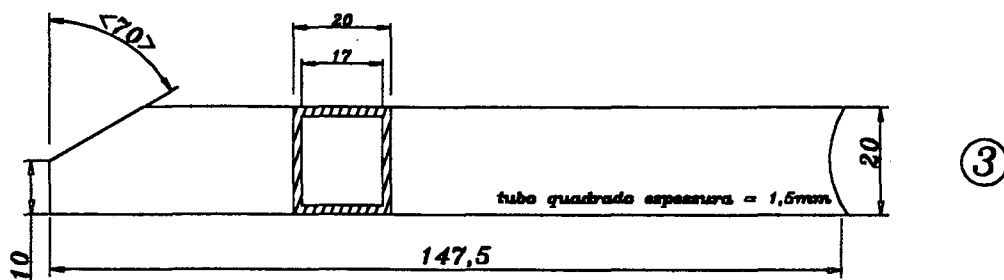
SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS
(RASPADORES - ROLETES)

NOME	SÉRGIO	DES N°	03
DATA	05/08	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:7			

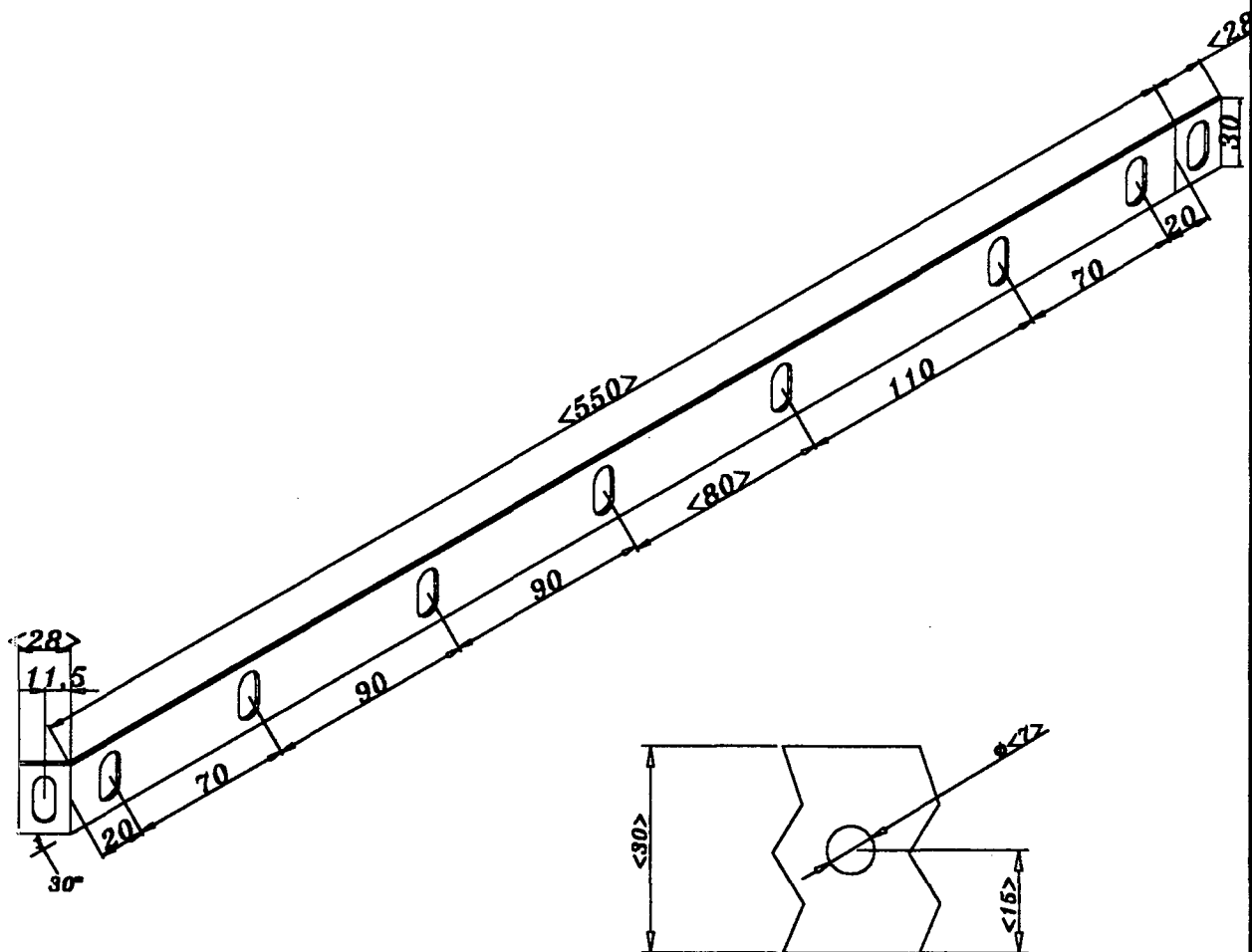


Distribuição das hastas dos roletes e dos raspadores no segundo eixo

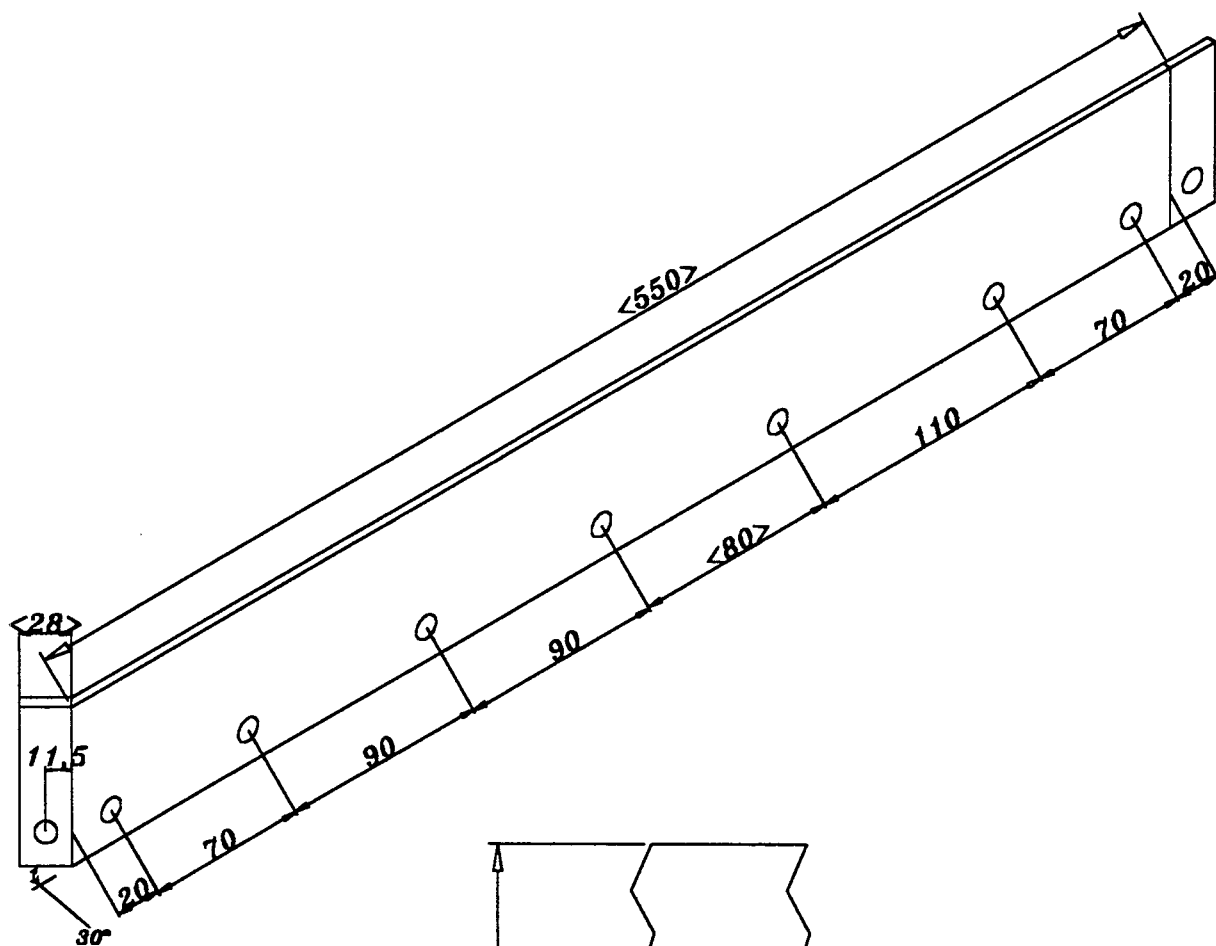
◇	números não estão em escala			
02	eixo dos roletes e raspadores	01	Aço ABNT 1020	
01	eixo dos raspadores	01	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC <div> NeDIP </div>				
SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (RASPADORES - ROLETES)				
ENGENHARIA MECÂNICA				
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO				
		NOME	MARCOS	DES N°
		DATA	06/98	UNIDADE
		ESCALA	1:3	APROV.
		Tolerâncias não especificadas: IT 10		



◇	números não estão em escala			
5	haste do antebraço do rolete	04	Aço ABNT 1020	
4	haste do braço do rolete	04	Aço ABNT 1020	
3	haste do braço do raspador	08	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
↑				
UFSC				
ENGENHARIA MECÂNICA				
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO				
NeDIP	SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (RASPADORES – ROLETES)	NOME	MARCOS	DES Nº
		DATA	06/98	UNIDADE
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:
		1:1		IT 10

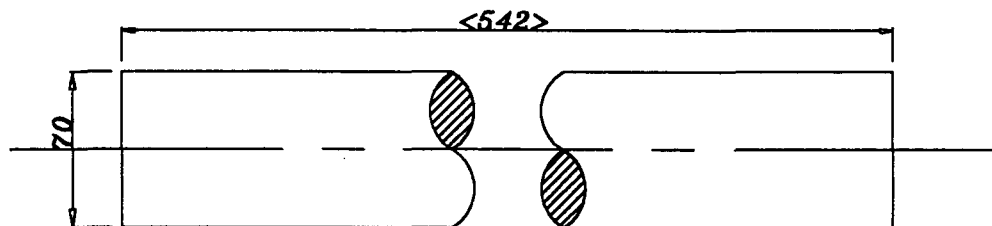


<	números não estão em escala			
6	Chapa de suporte do raspador	04	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC				
ENGENHARIA MECÂNICA NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO				
MeDIP	SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (RASPADORES - ROLETES)	NOME	SÉRGIO	DES Nº 03/03
		DATA	06/98	UNIDADE
		ESCALA 1:3	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10

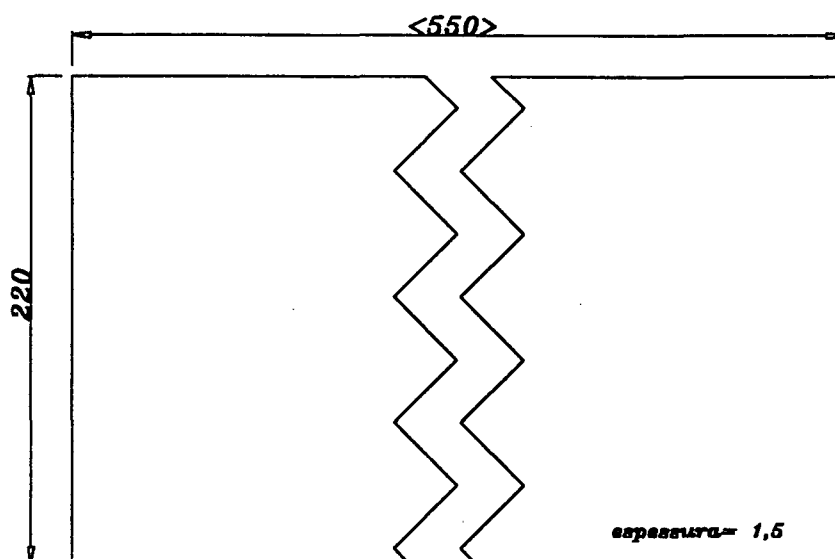


Espessura = 4

<>	números não estão em escala			
07	Raspador	04	Borracha com lona	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC <div> <div> NeDIP </div> <div> SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (RASPADORES - ROLETES) </div> </div> <div> <div> UFSC </div> <div> Engenharia Mecânica Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto </div> </div>				
		NOME	SÉRGIO	DES Nº 03/04
		DATA	06/98	UNIDADE mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10
		1:3		

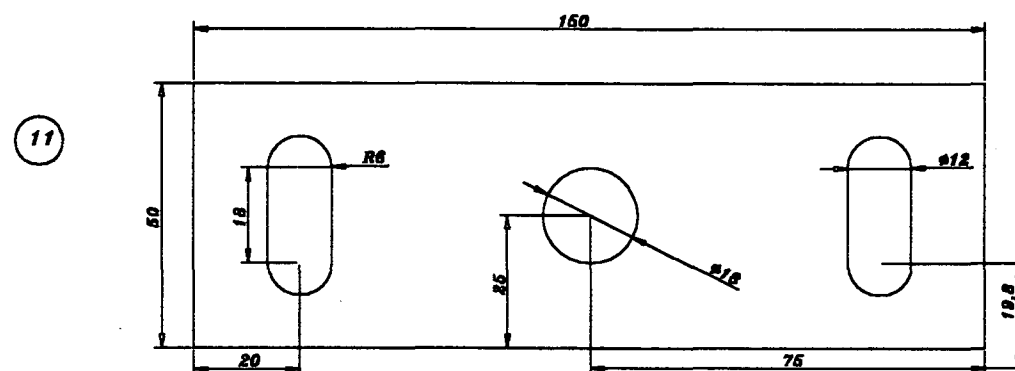
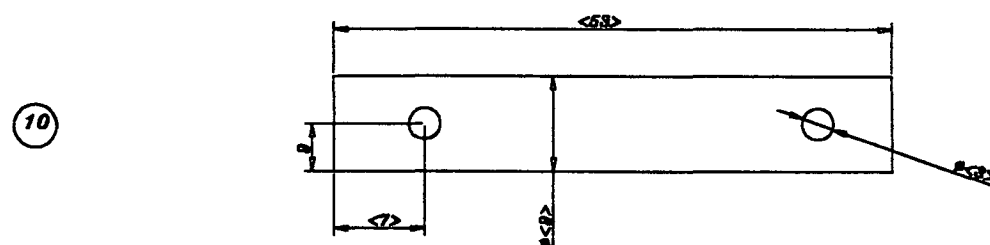
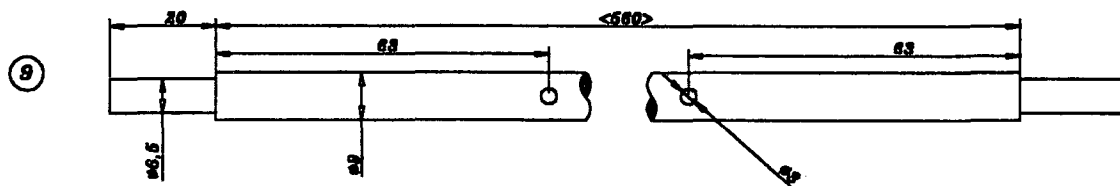


Roleta



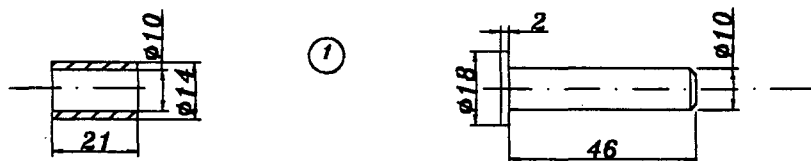
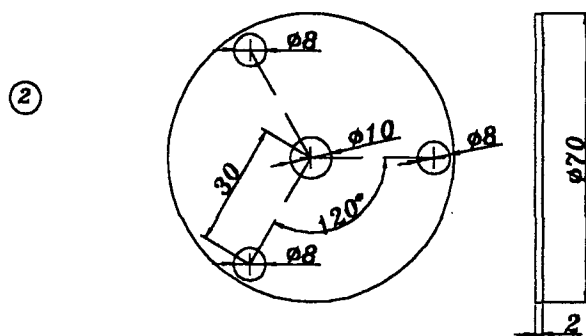
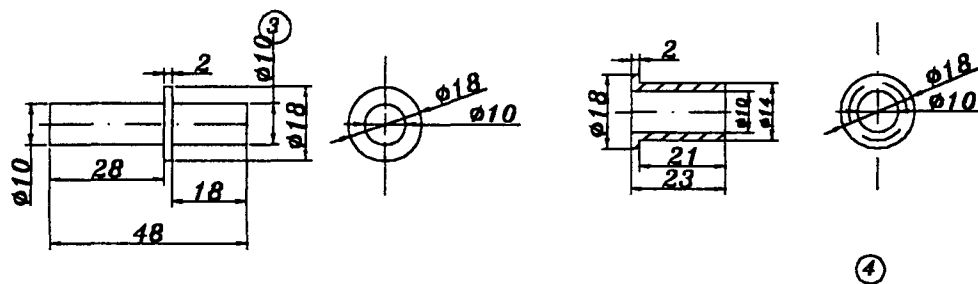
Borracha do roleta

<>	números não estão em escala			
08	Roleta	02	Madeira + borracha	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC ENGENHARIA MECÂNICA NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO				
NeDIP	SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (RASPADORES - ROLETES)	NOME	SÉRGIO	DES N° 03/05
		DATA	06/98	UNIDADE mm
		ESCALA 1:3	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



<	números não estão em escala			
11	Esticador da correia entre os dois eixos	01	Aço ABNT 1020	
10	Barras de suporte das molas	02	Aço ABNT 1020	
9	Barras do antebraço rolete	04	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC NeDIP		ENGENHARIA MECÂNICA NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO			
		NOME	SÉRGIO	DES N°	03/06
		DATA	06/98	UNIDADE	mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (RASPADORES - ROLETES)		1:1			



4	bucha dos roletes	04	Aço ABNT 1020	
3	pino dos roletes	04	Aço ABNT 1020	
2	flange	02	Aço ABNT 1020	
1	articulação braço-antebraço dos roletes	04	Aço ABNT 1020	bucha & pino
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

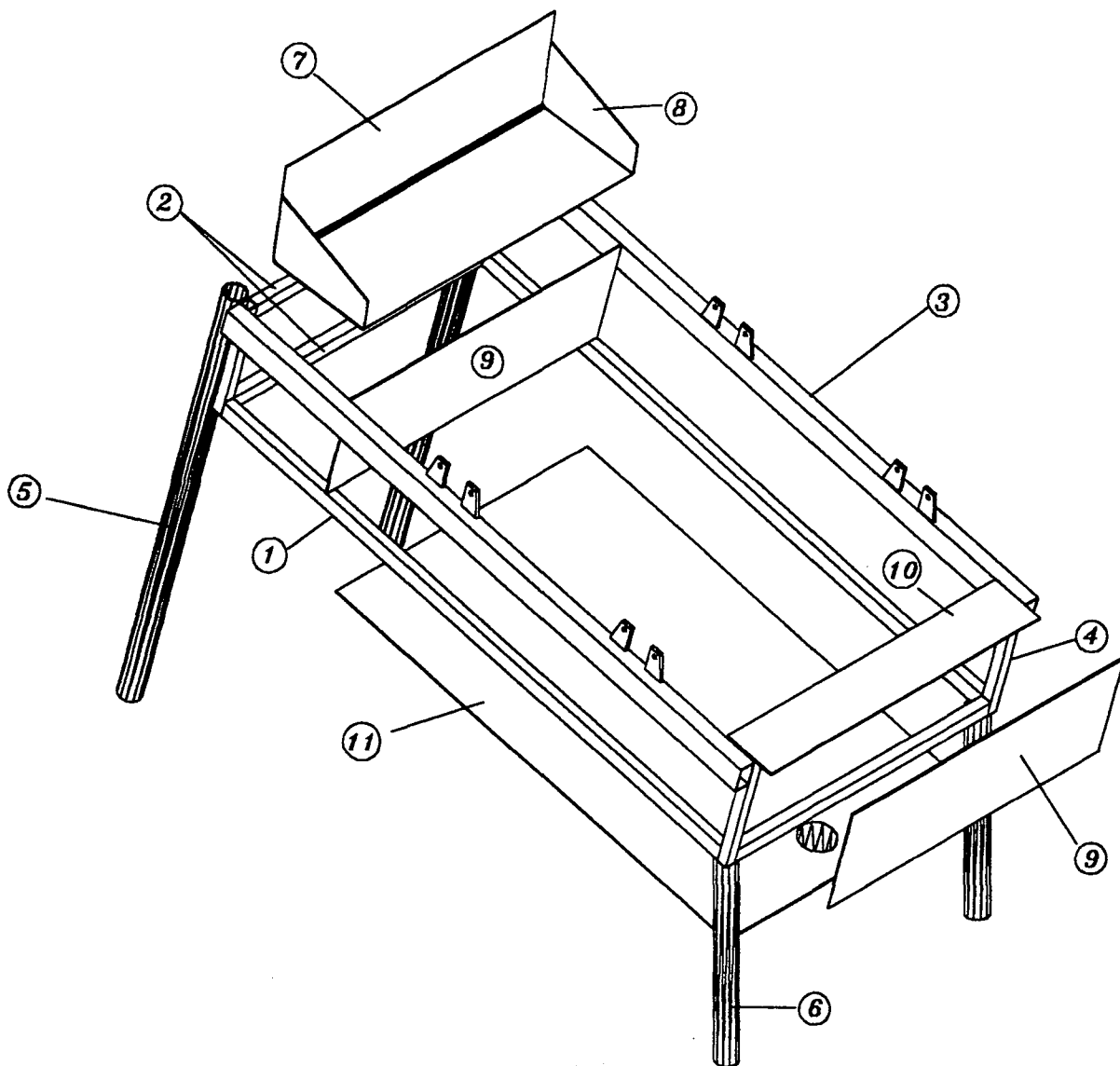
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

NeDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS
(RASPADORES - ROLETES)

NOME	SÉRGIO	DES Nº	03/07
DATA	07/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2			



11	Chapa inferior	01	Aço ABNT 1020	Des. 04.03
10	Chapa de saída de sólidos	01	Aço ABNT 1020	Des. 04.03
9	Chapa transversal	02	Aço ABNT 1020	Des. 04.03
8	Chapa direcionadora do dejetos	02	Aço ABNT 1020	Des. 04.03
7	Chapa de entrada do dejetos	01	Aço ABNT 1020	Des. 04.03
6	Pernas dianteiras	02	Aço ABNT 1020	Des. 04.02
5	Pernas traseiras	02	Aço ABNT 1020	Des. 04.02
4	Coluna lateral	04	Aço ABNT 1020	Des. 04.02
3	Longarina superior	02	Aço ABNT 1020	Des. 04.01
2	Travessa superior e inferior	04	Aço ABNT 1020	Des. 04.01
1	Longarina inferior	02	Aço ABNT 1020	Des. 04.01
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

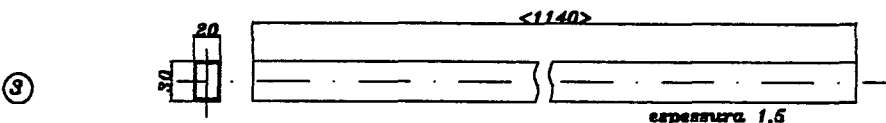
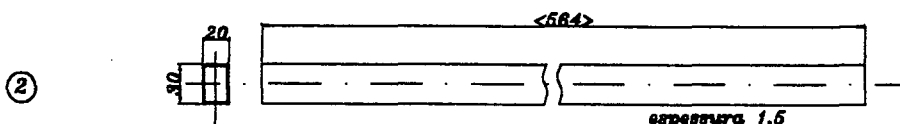
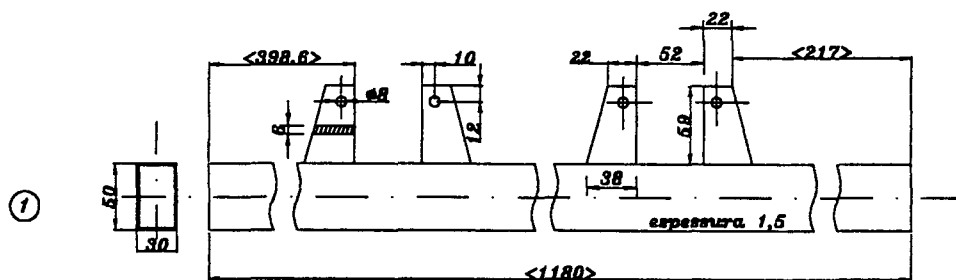
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

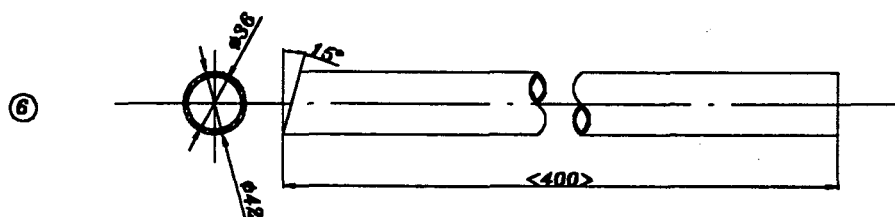
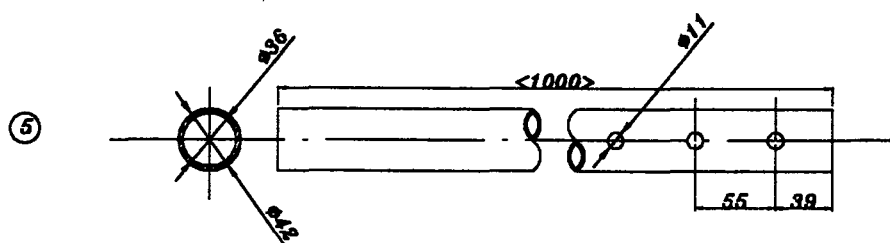
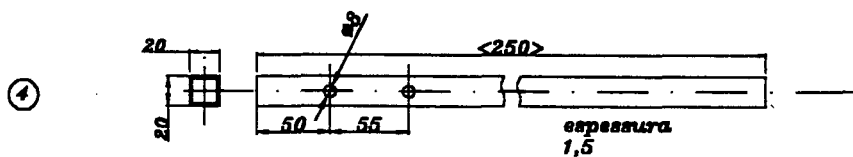
NeDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS
(ESTRUTURA - CHAPAS)

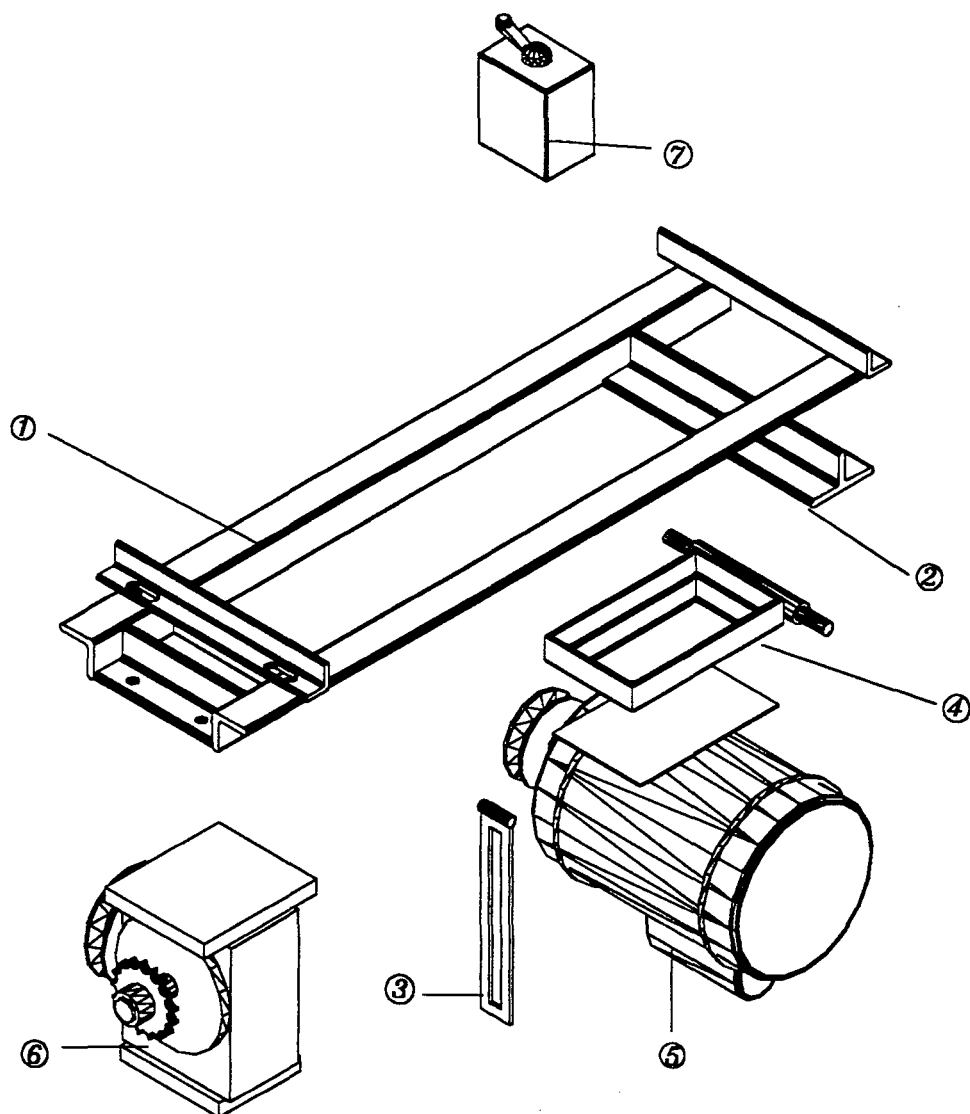
NOME	SÉRGIO	DES Nº	04
DATA	04/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:12			



<>	Números não estão em escala			
3	Longarina superior	02	Aço ABNT 1020	
2	Travessa inferior e superior	02	Aço ABNT 1020	
1	Longarina inferior	02	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DEMONINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC				
NeDIP				
SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (ESTRUTURA)				
ENGENHARIA MECANICA				
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO				
NOME		JESIEL	DES Nº	04/01
DATA		04/98	UNIDADE	mm
ESCALA		APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:6				



◇	Números não estão em escala			
6	Pernas dianteiras	02	Aço ABNT1020	
5	Pernas traseiras	02	Aço ABNT1020	
4	Coluna lateral	04	Aço ABNT1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC ENGENHARIA MECANICA NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO				
NeDIP	SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (ESTRUTURA)	NOME	JESIEL	DES N° 04/02
		DATA	04/98	UNIDADE mm
		ESCALA 1:5	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



7	<i>Interruptor</i>	01		
6	<i>Redutor 1:40 tipo rosca-sem-fim</i>	01		
5	<i>Motor monofásico 1750 ppm 3/4 CV</i>	01		
4	<i>Suporte do motor</i>	01	<i>Aço ABNT 1020</i>	<i>Des. 05/02</i>
3	<i>Esticador da correia</i>	01	<i>Aço ABNT 1020</i>	<i>Des. 05/02</i>
2	<i>Suporte do eixo do motor</i>	01	<i>Aço ABNT 1020</i>	<i>Des. 05/01</i>
1	<i>Suporte do motor e redutor</i>	01	<i>Aço ABNT 1020</i>	<i>Des. 05/01</i>
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

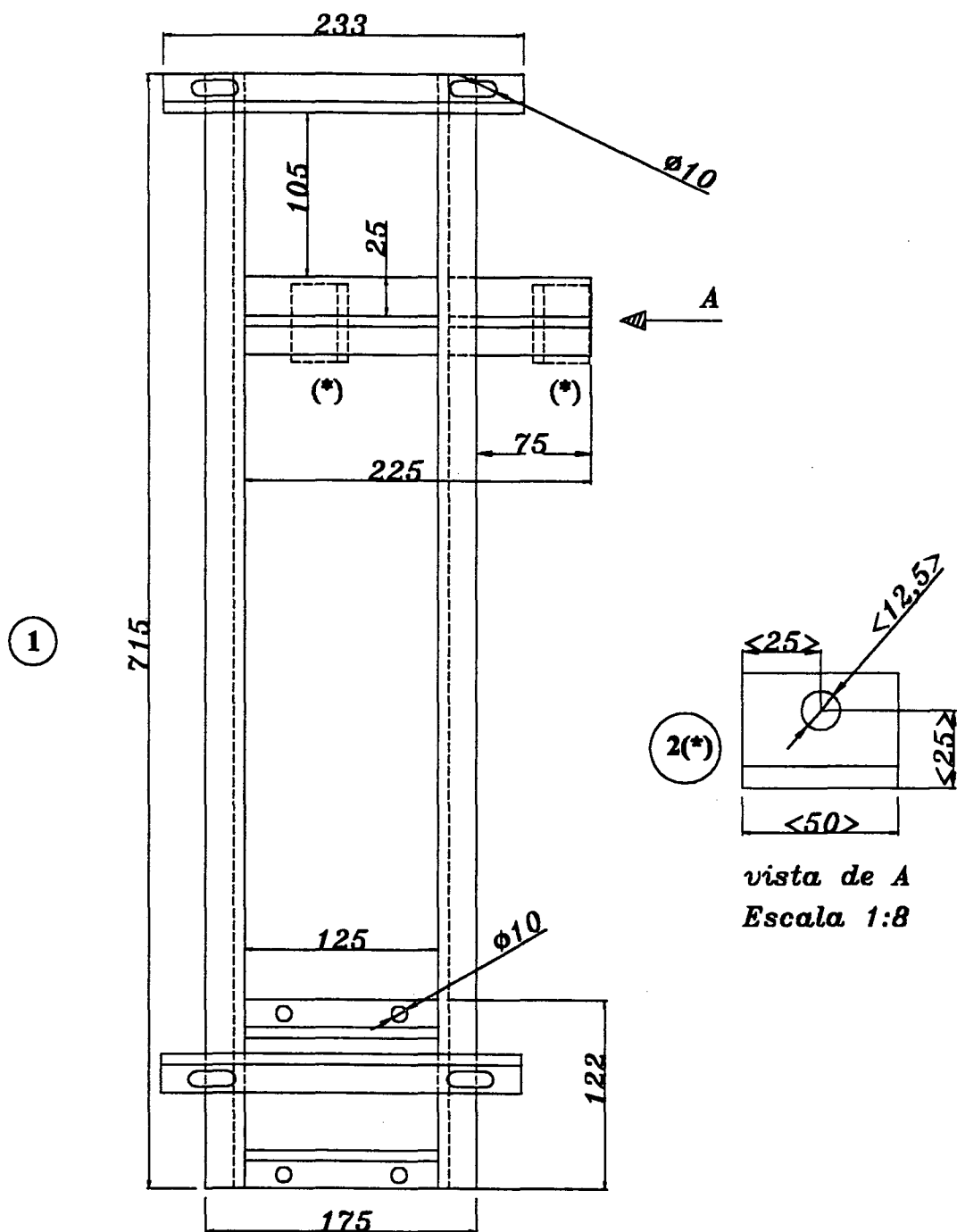
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

NeDIP

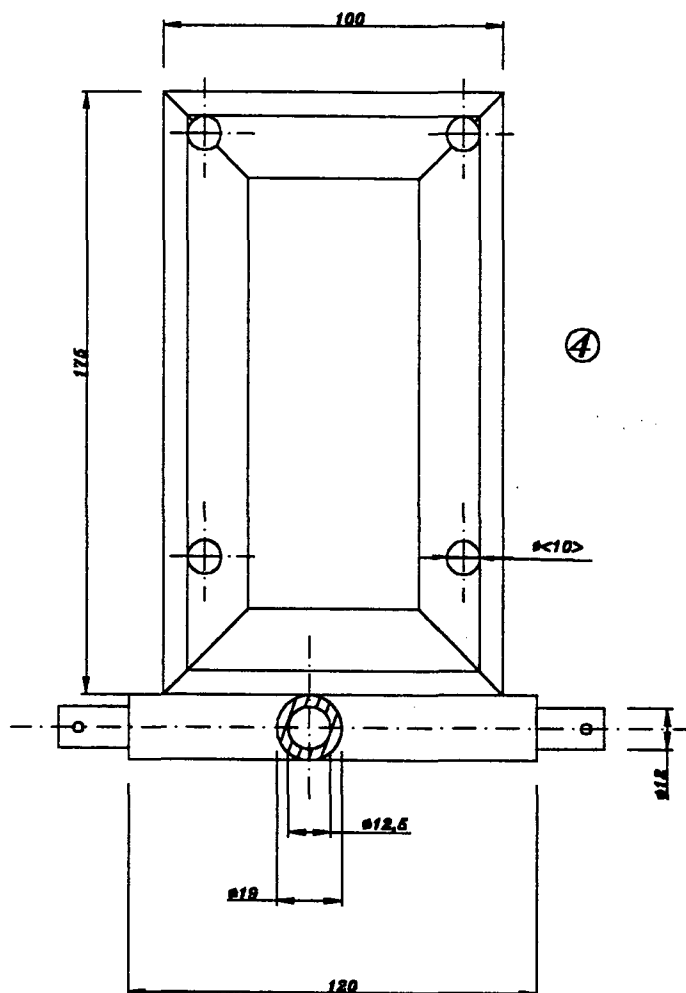
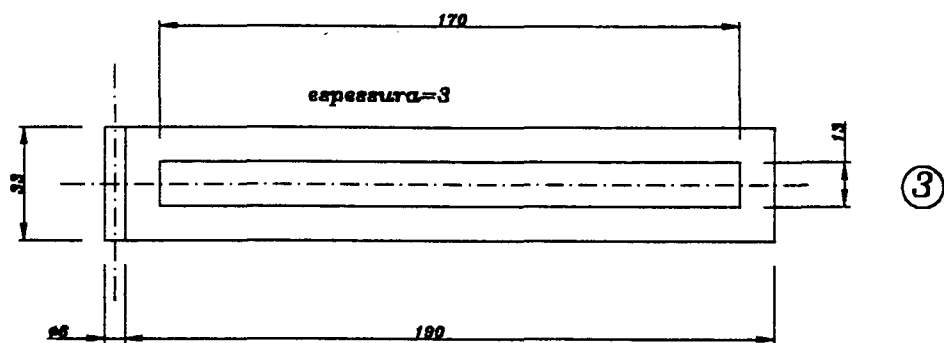
SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS
(SUPORTE MOTOR E REDUTOR)

NOME	SÉRGIO	DES N°	05
DATA	06/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:7			



vista de A
Escala 1:8

<>	Números fora de escala			
2	Suporte do eixo do motor	02	Aço ABNT 1020	cantoneiras 25x25x7
1	Suporte do motor e do redutor	01	Aço ABNT 1020	cantoneiras 37x37x7
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
UFSC				
NeDIP				
SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (SUPORTE MOTOR E REDUTOR)				
		NOME	SÉRGIO	DES Nº 05/01
		DATA	06/98	UNIDADE mm
		ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10
		1:4		



◇	números fora da escala			
4	suporte do motor	01	Aço ABNT 1020	
3	estecedor da correia	01	Aço ABNT 1020	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

NeDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS
(SUPORTE MOTOR E REDUTOR)

NOME	Marcos	DES N°	05/02
DATA	06/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	
1:2			

ANEXO E

RESULTADOS DE ANÁLISES DE LABORATÓRIO, REFERENTE AOS TESTES DE CAMPO DO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS ANIMAIS

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CNPSA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES
LABORATÓRIO DE NUTRIÇÃO

RESULTADOS DE ANÁLISES – 1º teste – Diferentes vazões

1 – IDENTIFICAÇÃO

PROTOCOLO Nº: 0491/98

Nome do projeto : DESENV. SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS

Número Projeto : 11.0.97.302.04

Pesquisador resp.: PERDOMO/SÉRGIO

Data de entrada : 22/10/98

Data de saída: 12/11/98

2 – RESULTADOS

Amostras	Descrição	ST (mg/l)	MS (%)	PRÉ-MS (%)		
001	33 l/min - saída		90,380	17,000		
002	33 l/min - saída		91,410	21,200		
003	66 l/min - saída		92,490	17,400		
004	66 l/min - saída		91,870	16,700		
005	100 l/min - saída		92,560	18,500		
006	100 l/min - saída		89,520	20,500		
007	33 l/min – sólido	16,878				
008	33 l/min – sólido	17,022				
009	66 l/min – sólido	19,387				
010	66 l/min – sólido	19,100				
011	100 l/min – sólido	13,218				
012	100 l/min - sólido	12,926				
013	Dejeto entrada	13,709				
014	Dejeto entrada	13,630				

Obs.: Os resultados acima estão expressos na matéria natural e referem-se exclusivamente a amostra analisada.

Concórdia, 12/11/98

Responsável Lab. Nutrição Animal

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CNPSA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES
LABORATÓRIO DE NUTRIÇÃO

RESULTADOS DE ANÁLISES – 2º teste – Parâmetros Mecânicos

1 – IDENTIFICAÇÃO

PROTOCOLO Nº: 0546/98

Nome do projeto : DESENV. SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS

Número Projeto : 11.0.97.302.04

Pesquisador resp.: PERDOMO/SÉRGIO

Data de entrada : 11/11/98

Data de saída: 22/11/98

2 – RESULTADOS

Amostras	Descrição	ST (mg/l)	MS (%)	PRE-MS (%)		
001	Tela rep. 1		94,500	17,820		
002	Chapa rep. 1		94,890	19,690		
003	Chapa rep. 2		94,310	18,740		
004	Tela rep. 2		94,980	19,340		
005	1 raspador rep. 1		94,560	19,010		
006	1 raspador rep. 2		94,000	20,060		
007	Mola F = 7,8 kgf		94,030	20,490		
008	Mola F = 7,8 kgf		94,380	19,860		
009	Mola F = 3,7 kgf		94,710	17,210		
010	Mola F = 3,7 kgf		94,590	17,360		
011	Mola F = 5,9 kgf		94,530	16,290		
012	Mola F = 5,9 kgf		93,670	18,010		
013	Saída chapa	23,067				
014	Saída chapa	21,641				
015	Saída tela	23,089				
016	Saída tela	22,757				
017	Entrada ≠s peneiras	26,479				
018	Entrada ≠s peneiras	25,673				

Obs.: Os resultados acima estão expressos na matéria natural e referem-se exclusivamente a amostra analisada.

Responsável Lab. Nutrição Animal

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CNPSA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES
LABORATÓRIO DE NUTRIÇÃO

RESULTADOS DE ANÁLISES – 3º teste – Parâmetros Agronômicos

1 – IDENTIFICAÇÃO

PROTOCOLO Nº: 0586/98

Nome do projeto : DESENV. SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS

Número Projeto : 11.0.97.302.04

Pesquisador resp.: PERDOMO/SÉRGIO

Data de entrada : 30/11/98

Data de saída: 22/12/98

2 – RESULTADOS

Amostras	Descrição	ST (mg/l)	MS (%)	PRÉ- MS (%)	PB (%)	CINZA (%)
017	Entrada dejetos fresco + sólido	26,654				
019	Líquido saída dejetos fresco + sólido	23,074				
021	Sólido saída dejetos fresco + sólido		89,83	20,62	12,660	7,210
022	Sólido saída dejetos fresco + sólido		90,52	20,86	12,699	6,950
023	Entrada dejetos fresco – sólido	22,990				
025	Líquido saída dejetos fresco – sólido	21,989				
027	Sólido saída dejetos fresco - sólido		91,04	16,38	15,926	6,590
028	Sólido saída dejetos fresco - sólido		91,28	17,41	14,988	6,540
029	Entrada dejetos velho + sólido	84,302				
031	Líquido saída dejetos velho + sólido	63,872				
033	Sólido saída dejetos velho + sólido		89,34	12,50	14,256	30,820
034	Sólido saída dejetos velho + sólido		88,42	10,03	16,912	27,580
035	Entrada dejetos velho - sólido	16,486				
037	Líquido saída dejetos velho - sólido	15,086				
034	Sólido saída dejetos velho - sólido		90,50	18,64	16,446	6,940
040	Sólido saída dejetos velho - sólido		90,42	19,92	15,839	6,540

Obs.: EE e FB serão determinados em 1999.

Os resultados acima estão expressos na matéria natural e referem-se exclusivamente à amostra analisada.

Concórdia, 22/12/98

Responsável Lab. Nutrição Animal

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CNPSA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES
LABORATÓRIO DE NUTRIÇÃO

RESULTADOS DE ANÁLISES – 4º teste – Diferentes granjas

1 – IDENTIFICAÇÃO

PROTOCOLO Nº: 0592/98

Nome do projeto : DESENV. SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS

Número Projeto : 11.0.97.302.04

Pesquisador resp.: PERDOMO/SÉRGIO

Data de entrada : 08/12/98

Data de saída: 22/12/98

2 – RESULTADOS

Amostras	Descrição	ST (mg/l)	MS (%)	PRÉ-MS (%)	PB (%)	CINZA (%)
041	Granja 1 – entrada	29,882				
042	Granja 1 saída	25,489				
043	Granja 1 – sólido		86,600	29,670	16,982	12,370
044	Granja 1 - sólido		96,980	27,200	16,460	-
045	Granja 2 – entrada	20,062				
046	Granja 2 saída	121,126				
047	Granja 2 – sólido		90,390	33,550	12,851	25,960
048	Granja 2 - sólido		94,060	28,410	14,252	23,580
049	Granja 3 – entrada	16,411				
050	Granja 3 saída	174,525				
051	Granja 3 – sólido		92,150	24,310	17,445	18,190
052	Granja 3 - sólido		97,040	24,350	15,970	-

Obs.: EE e FB serão analisados em 1999.

Os resultados acima estão expressos na matéria natural e referem-se exclusivamente a amostra analisada.

Concórdia, 22/12/98

Responsável Lab. Nutrição Animal

E.1 Procedimento para análise dos sólidos totais no líquido

Objetivo da análise: obter o teor da matéria seca de amostras líquidas em geral e dejetos de suínos.

Materiais:

- capsulas de vitreosil-silica capacidade de 100 ml;
- proveta graduada para 100 ml;
- balança analítica;
- estufa a 60 °C;
- estufa à 105 °C.

Procedimento:

- as cápsulas devem estar bem limpas e secas;
- é aconselhável queimar por duas horas a 800 °C em mufla antes de usar;
- transfere para um dessecador de vidro até alcançar a temperatura ambiente;
- pesar a capsula vazia;
- agitar bem a amostra para homogeneizar;
- transferir exatamente 100 ml da amostras para uma proveta graduada;
- imediatamente transferir para a cápsula de secagem, cuidando para não deixar resíduo da amostra na proveta;
- se ficar resíduo da amostra na proveta, lavar levemente com água destilada e adicionar na cápsula;
- o preparo da amostra para secagem deve ser realizado no ambiente onde está localizado a estufa, para evitar o transporte das cápsulas cheias;
- levar para a estufa de 60 °C até secar todo o líquido (48 horas);
- após levar a estufa a 105 °C previamente aquecida por 2 horas;
- transferir para um dessecador de vidro até alcançar a temperatura ambiente;
- pesar em balança analítica com o mínimo 3 casas decimais.

Cálculos:

$$ST \text{ (g/l)} = [(\text{peso do cadinho} + \text{amostra seca} - \text{peso do cadinho}) \times 1000] / 100$$

$$ST \text{ (mg/l)} = ST \text{ (g/l)} \times 1000$$

$$ST \text{ (mg/l)} = (\text{peso do cadinho} + \text{amostra seca} - \text{peso do cadinho}) \times 1000$$

E.2 Determinação da matéria seca do dejetos sólido

Primeiro passo:

- Pesar recipiente vazio;
- pesar recipiente + amostra úmida;
- secar à estufa de 55 °C, por 48 horas;
- pesar recipiente + amostra pré-seca;

Segundo passo;

- pesar recipiente vazio;
- pesar recipiente + amostra pré-seca;
- secagem à estufa 105 °C por 16 horas;
- pesar recipiente + amostra seca;

ANEXO F

CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE PEÇAS

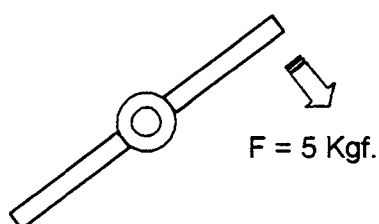
CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE PEÇAS, BASEADO NOS RESULTADOS DE TESTES DO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS ANIMAIS

Com base nos melhores resultados obtidos, e nas medições feitas, nos testes de laboratório e á campo, elaborou-se os cálculos de dimensionamento das principais peças do modelo. Estes cálculos se fazem necessário para obter as dimensões corretas das peças, prevenindo possíveis imprevistos (rompimentos, fadigas, cisalhamento, queima do motor, dentre outros).

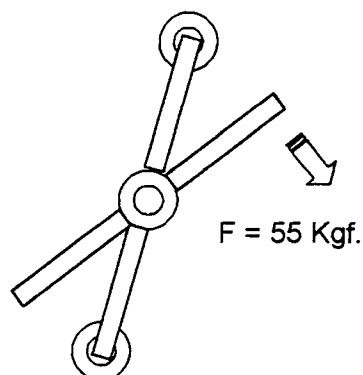
F.1 DIMENSIONAMENTO DOS EIXOS

Aqui, primeiramente vai-se determinar o torque a que cada eixo foi submetido. A medição de força foi feita com base no modelo construído (versão final) em condições de operação a seco, (maior solicitação de força), através de um dinamômetro de mola, onde foi obtido os seguintes resultados:

Eixo raspador:



Eixo raspador/compactador:



Observou-se que a força utilizada para movimentar os eixos era maior quando o sistema operava a seco, em relação à operação com dejetos. A força necessária para vencer o atrito dos raspadores nas peneiras foi muito maior que a força necessária para deslocar o dejetos sólido separado. Com relação à pressão de prensagem, não se verificou diferença das forças entre o modelo trabalhando a seco ou com dejetos.

Cada braço possui um comprimento nominal de 132 mm, sendo tanto para os raspadores como para os roletes.

F.1.1 Cálculo do torque nos eixos

Eixo dos roletes: M_t = Momento torçor

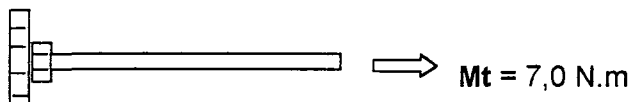
D = distância perpendicular do ponto de aplicação da força até o centro do eixo.

$$M_t = F \times D = 550 \text{ N} \times 0,132 \text{ m} = 72,6 \text{ N.m}$$

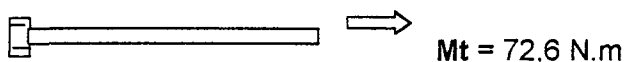
Eixo do raspador: $M_t = F \times D = 50 \text{ N} \times 0,132 \text{ m} = 7,0 \text{ N.m}$

Distribuição do torque:

Eixo 1



Eixo 2



Portanto, o ponto mais solicitado é na engrenagem 1 (eixo 1), onde será feita a tomada de força. Vai-se precisar então de 80 N.m para ser possível acionar o sistema.

Checando as propriedades do aço inoxidável (AISI 420 - recomendável para os eixos), tem-se, na visão mais conservadora, $\sigma_e = 35 \text{ Kg/mm}^2$ (fonte: www.metainox.com.br/BAIPM.htm), onde σ_e é a tensão de escoamento do material. Para cisalhamento tem-se: $\tau_e = 0,5 \sigma_e$, onde τ_e é a tensão de escoamento para cisalhamento simples. $\tau_e = 0,5 \times 35 = 17,5 \text{ Kg/mm}^2 = 175 \text{ Mpa}$.

Desta forma, usando-se um coeficiente de segurança $FS = 1,5$, pode-se dimensionar o eixo de entrada.

$\tau_{adm} = \tau_e / 1,5 = 17,5 / 1,5 = 11,7 \text{ Kg/mm}^2 = 117 \text{ MPa}$, onde τ_{adm} é a tensão máxima admissível no material. Da mecânica dos sólidos tem-se que $d = (M_t / 0,196 \times \tau_{adm})^{1/3}$, onde substituindo os valores chega-se a $d = 15,8 \text{ mm}$. Este é o mínimo diâmetro permissível no ponto de montagem da engrenagem que fornece torque para o sistema.

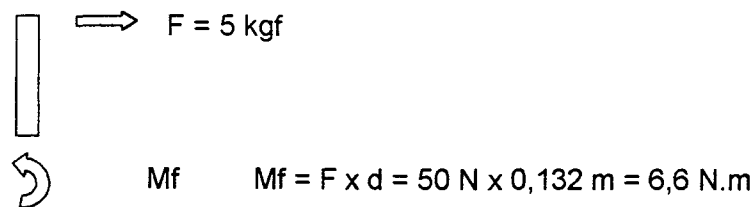
Para a segunda engrenagem, ainda no primeiro eixo, tem-se: $d = (7,0 / 0,196 \times \tau_{adm})^{1/3} = 7 \text{ mm}$.

Para o eixo dos roletes (segundo eixo) tem-se: $d = 15,3 \text{ mm}$.

F.2 DIMENSIONAMENTO DAS HASTES DE SUPORTE DOS ROLETES E DOS RASPADORES

As hastes serão submetidas a um momento fletor, de forma que, devido à configuração da montagem, pode-se fazer analogia com uma viga engastada, onde $L = 132$ mm.

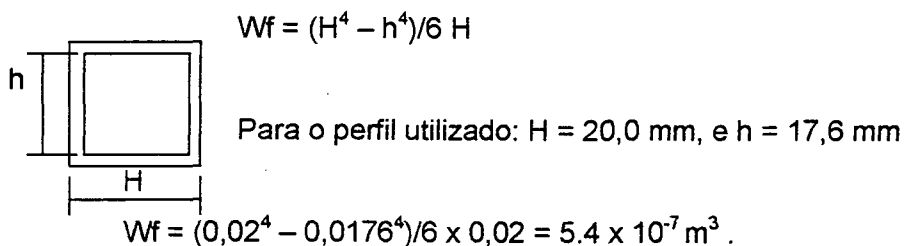
F.2.1 Eixo dos raspadores:



Para σ_{adm} (tensão ruptura – aço inoxidável – AISI 420 – fonte: www.metalinox.com.br) = 65 Kgf/mm² tem-se, com FS = 1,5, $\sigma = M_f/W_f$.

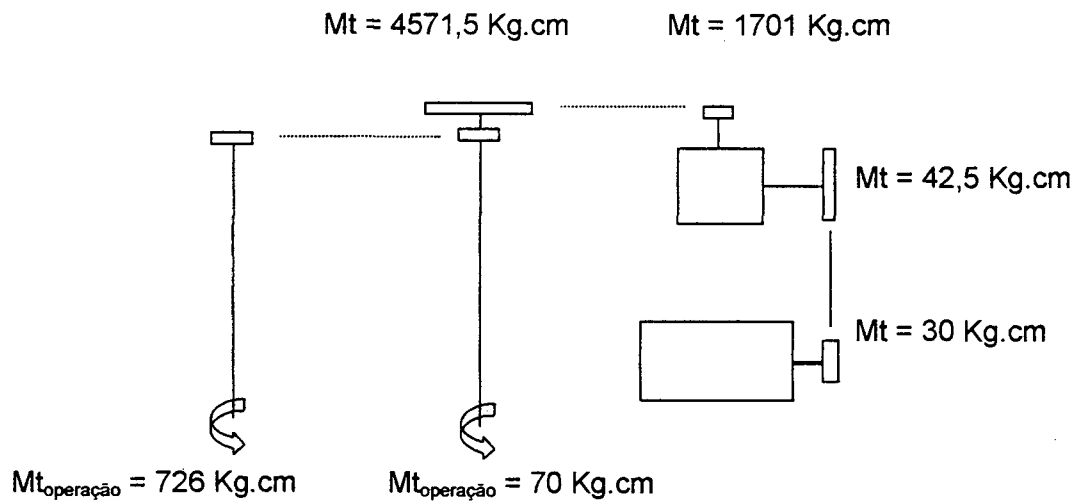
W_f (módulo de flexão) necessário = 430 Mpa = 6,6/ W_f , logo $W_f = 1,5 \times 10^{-8}$ m³.

Para a secção utilizada tem-se:



$\sigma = 6.6/5.4 \times 10^{-7} = 12.2$ Mpa (dado pela haste), o limite máximo admissível é de 430 Mpa, portanto tem-se um FS de 35,2. Isto indica que pode ser utilizado perfil bem menor para compor a haste.

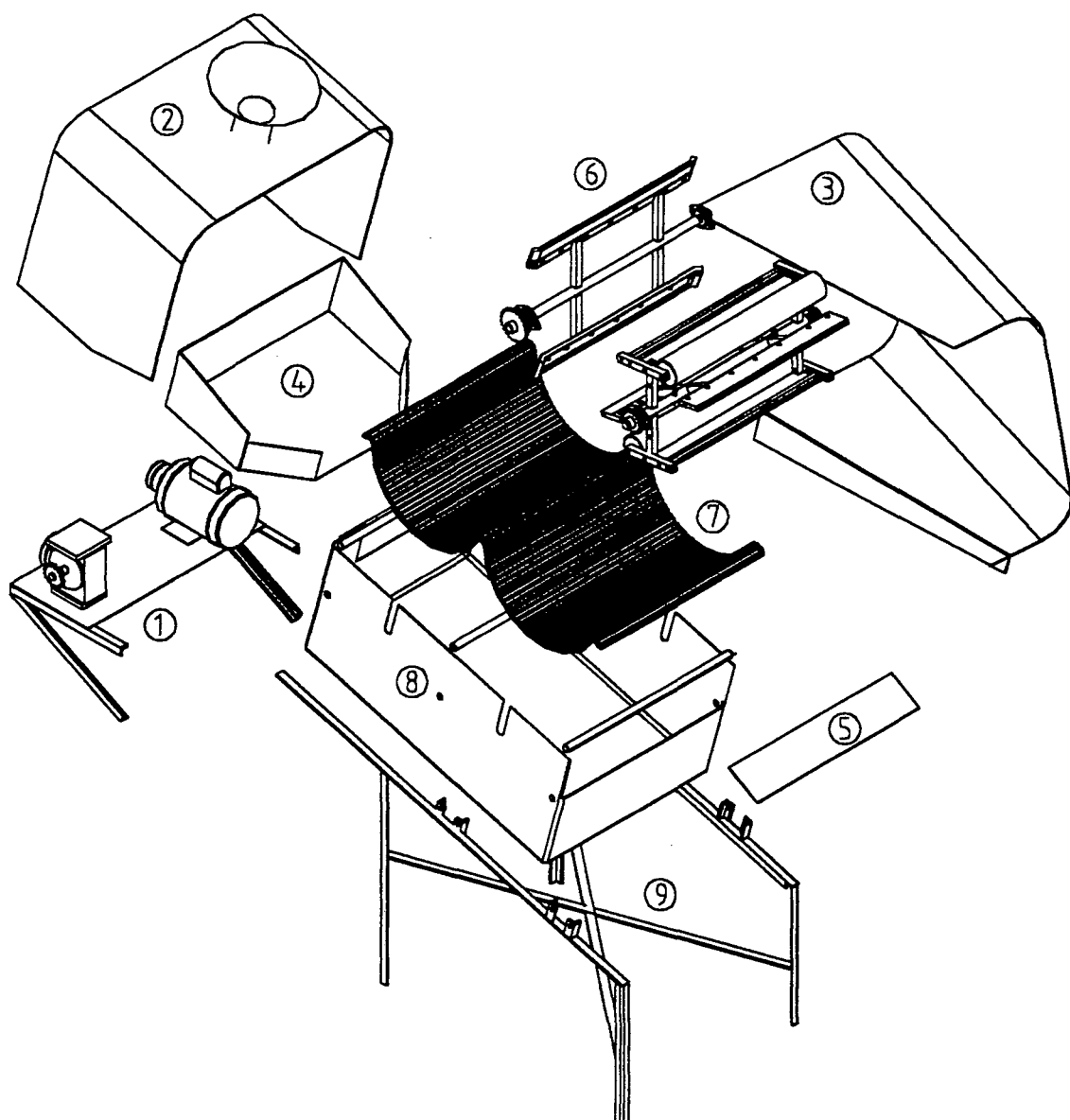
F.3 DIMENSIONAMENTO DO MOTOR



Potência mínima necessária ao motor : para uma rotação final de 11,75 rpm tem-se: $N \text{ (cv)} = (Mt \cdot n[\text{rpm}]) / 71620 = 0,13 \text{ CV}$ (0,1 kW), portanto um motor de $\frac{1}{2} \text{ CV}$ (0,37 kW) já é suficiente para acionar o mecanismo com sobra de 74 % da potência útil.

ANEXO G

DESENHOS DAS SUJESTÕES DE MODIFICAÇÕES DOS DIFERENTES DISPOSITIVOS DO MODELO DO SEPARADOR DE SÓLIDOS DE DEJETOS ANIMAIS



9	<i>Estrutura</i>			
8	<i>Caixa de suporte da peneira</i>			
7	<i>Peneira</i>			
6	<i>Conjunto raspadores e roletas</i>			
5	<i>Chapa de descarga de sólidos</i>			
4	<i>Chapa de condução do dejetos</i>			
3	<i>Tampa de proteção basculável</i>			
2	<i>Tampa de proteção fixa com funil</i>			
1	<i>Conjunto motor-reductor e estrutura</i>			
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

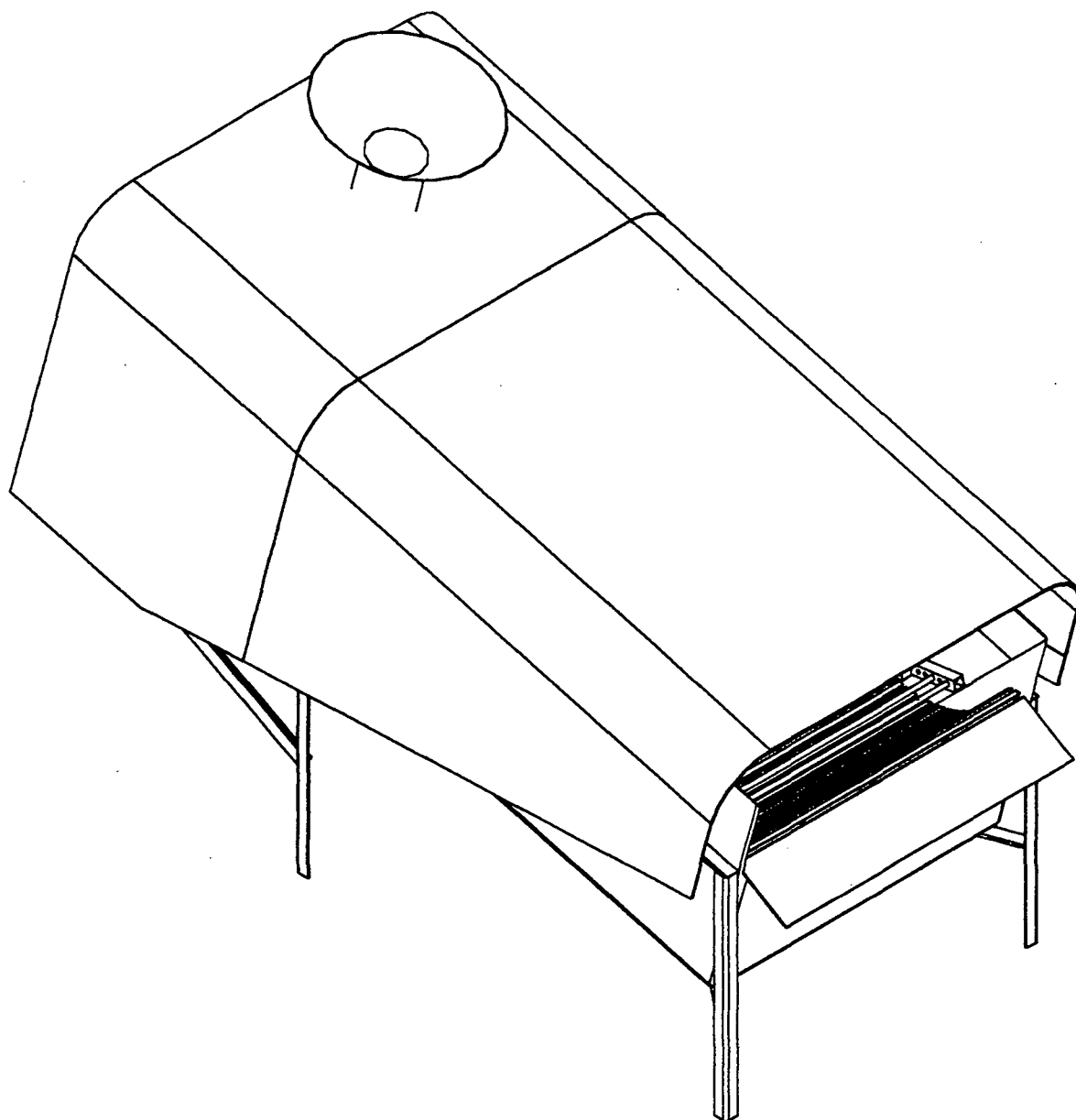
UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

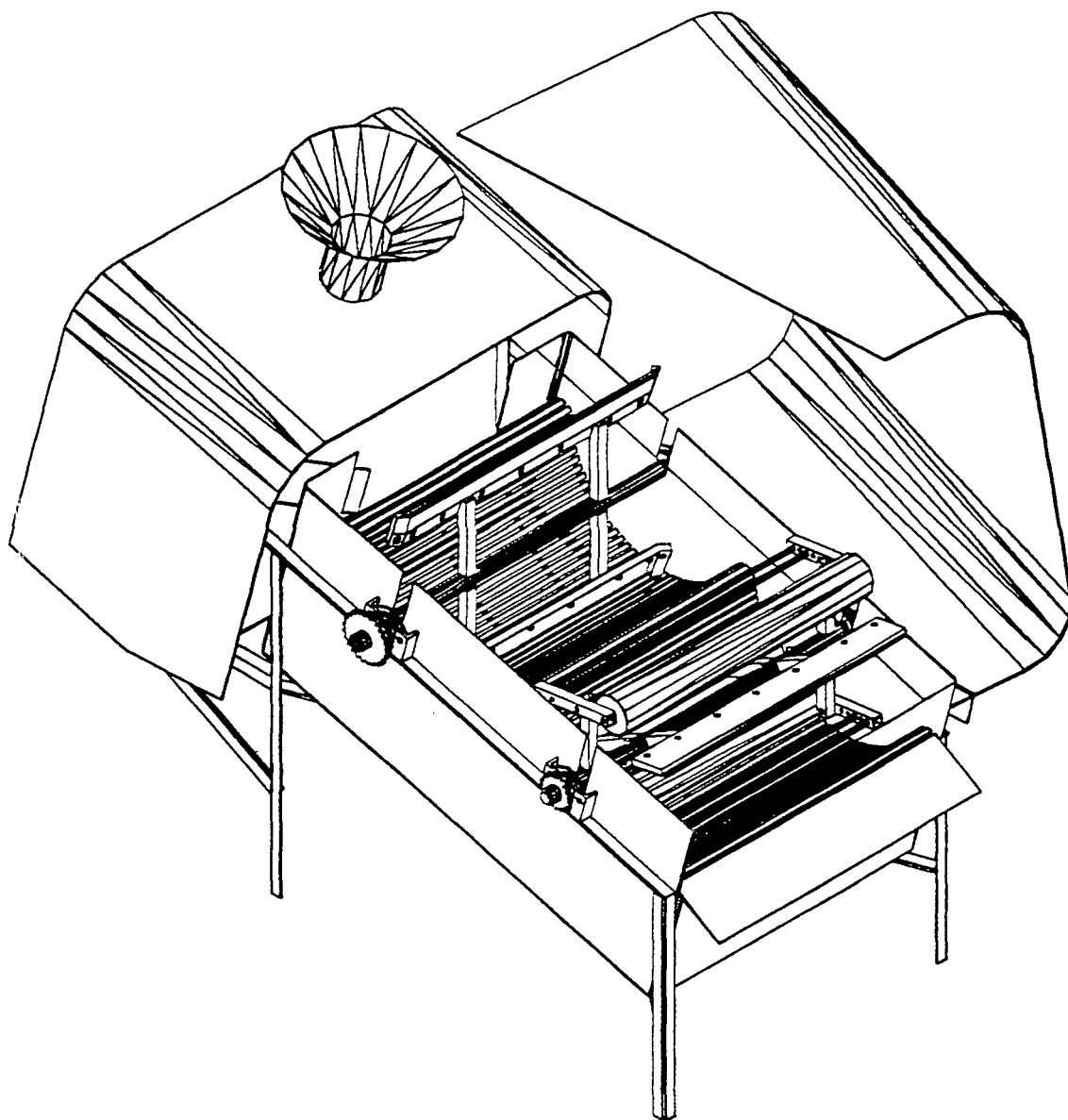
NeDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS

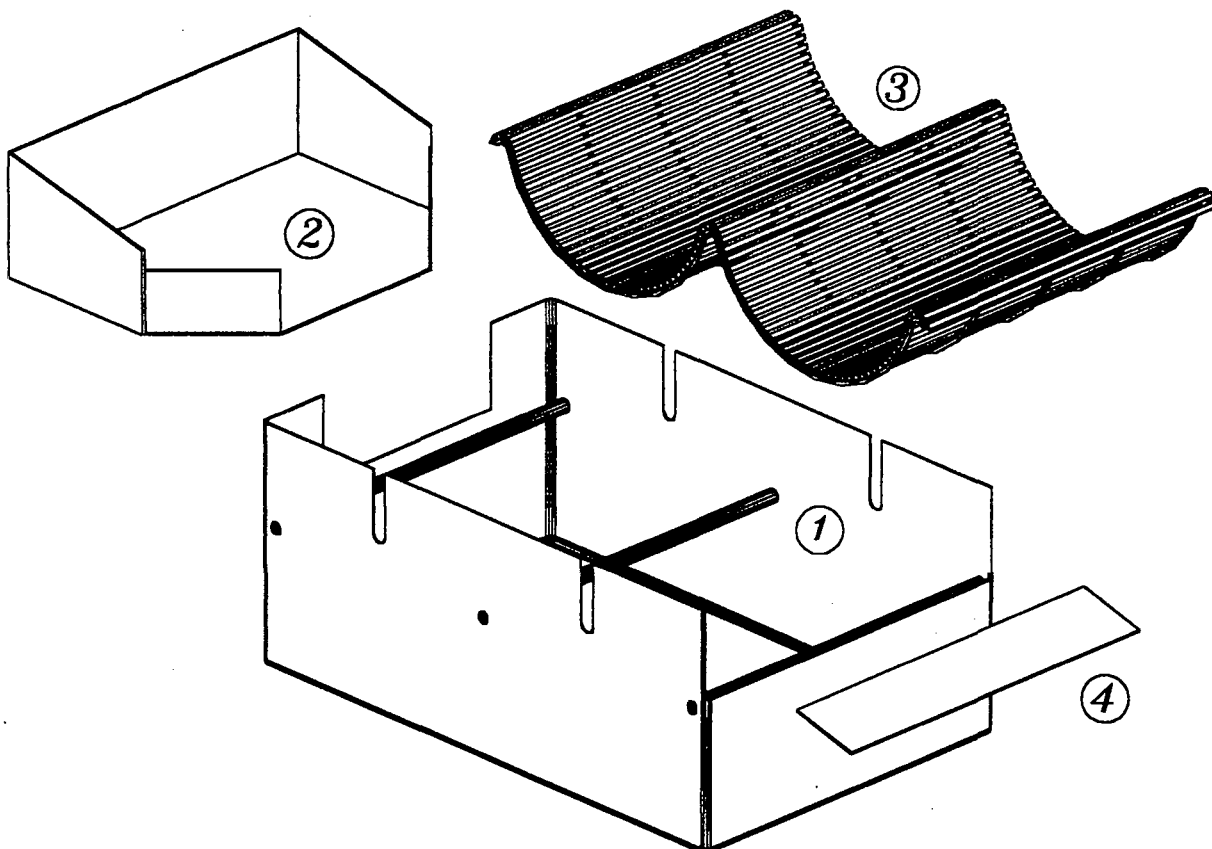
NOME	NOME	DES N°	06
DATA	11/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas:	
1:22		IT 10	



PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
<p>UFSC ENGENHARIA MECÂNICA</p> <p style="text-align: center;">NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO</p>				
NeDIP	SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS (VISTA GERAL DO PROTÓTIPO MODIFICADO)	NOME	MARCOS	DES Nº 06/01
		DATA 11/98	UNIDADE	mm
		ESCALA 1:12	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10



PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO
<div> <div>UFSC</div> <div> <div>NeDIP</div> <div> <div>SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS</div> <div>(VISTA GERAL DO PROTÓTIPO MODIFICADO)</div> </div> </div> </div> <div> <div> <div> <div>ENGENHARIA MECÂNICA</div> <div>NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO</div> </div> <div> <div>NOME</div> <div>MARCOS</div> <div>DES Nº</div> <div>0602</div> </div> <div> <div>DATA</div> <div>16/11</div> <div>UNIDADE</div> <div>mm</div> </div> <div> <div>ESCALA</div> <div>1:10</div> <div>APROV.</div> <div>Tolerâncias não especificadas: IT 10</div> </div> </div> </div>				



4	chapa de saída de sólidos	01	Aço INOX (/)	
3	peneiras	01	Aço INOX (/)	
2	chapa de entrada do dejetos	01	Aço INOX (/)	
1	estrutura de apoio das peneiras	01	Aço INOX (/)	
PEÇA	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO

UFSC

ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO

NeDIP

SEPARADOR DE DEJETOS SUÍNOS

NOME	MARCOS	DES N°	06/03
DATA	11/98	UNIDADE	mm
ESCALA	APROV.	Tolerâncias não especificadas: IT 10	